

# INDUSTRIA & QUÍMICA

ISSN 0368-0819

Abril 2023 – Nº 373

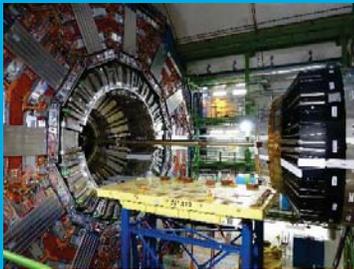
PUBLICACIÓN DE LA ASOCIACIÓN QUÍMICA ARGENTINA

## Miel, apicultura y producción



## Partículas subatómicas elementales ¿Qué sabemos?

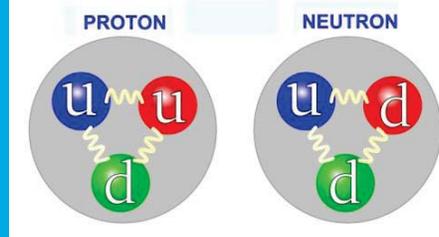
### Gran Colisionar de Hadrones



### Gran Colisionar de Hadrones



masa→	3 MeV	1.24 GeV	172.5 GeV	0
carga→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nombre→	u up	c charm	t top	$\gamma$ photon
Quarks	6 MeV $-\frac{1}{3}$ d down	95 MeV $-\frac{1}{3}$ s strange	4.2 GeV $-\frac{1}{3}$ b bottom	0 0 1 g gluon
Leptones	<2 eV 0 $\frac{1}{2}$ e electron	<0.15 MeV 0 $\frac{1}{2}$ $\nu_\mu$ muon neutrino	<18.2 MeV 0 $\frac{1}{2}$ $\nu_\tau$ tau neutrino	90.2 GeV 0 1 Z fuerza débil
	0.511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e	106 MeV -1 $\frac{1}{2}$ $\mu$	1.78 GeV -1 $\frac{1}{2}$ T	80.4 GeV $\pm 1$ 1 W fuerza débil
				Bosons (Fuerzas)



# Editorial

Desde la prehistoria, los seres humanos han recurrido al uso de la miel, sea como alimento, endulzante, así como agente terapéutico. Hay registros pictóricos en las cavernas que daban cobijo a los humanos y posteriormente en los papiros, tabletas sumerias, etc. Por otro lado, en algunos libros como La Biblia, se describe el placer y embriaguez que experimentó Noé, quien después del Diluvio, plantó una viña y luego produjo vino. Menciona a Noé por ser más conocido, pero la historia del Diluvio estaba ya descrito en la Epopeya o Canto de Gilgamesh (cerca de 2500 a.C), uno de los escritos más antiguos que se conservan, donde se escribe "come el pan, esencial para la vida, bebe el vino, la suerte de la tierra". Los egipcios también producían vino y apreciaban el vino añejado. Tanto la miel como el vino han acompañado al hombre desde tiempos inmemoriales. El desarrollo del país no sólo recae en el sistema científico tecnológico sino en la capacidad de los productores y emprendedores privados que se arriesgan a encarar emprendimientos con riesgo de su propio capital invertido, quienes apuestan más allá de las coyunturas particulares de la economía pensando en un futuro mejor para ellos y los habitantes del país.

Existen emprendimientos y productores cuya actividad es de mucha importancia para la Nación y que por sus características suelen depender de variaciones climáticas, como las experimentadas por la sequía reciente que se abatió sobre la región asociada al fenómeno climático de La Niña, el cambio climático, el uso intensivo de agroquímicos y de los efectos de las políticas económicas, entre otros.

Un ejemplo de ello se presenta en este número, donde se muestra el trabajo de un apicultor con una experiencia de más de 40 años en la aventura de producir miel en el sur de la Provincia de Buenos Aires. Su experiencia se vuelca en forma de los criterios, precauciones, así como distintos consejos para ser exitoso en este tipo de empresa.

Otro aspecto importante lo constituye la calidad de productos de consumo y de la calidad del producto elaborado, como es el caso de la industria del vino. En este número se presentan algunos aspectos de la química de los taninos en el vino y su impacto sobre la calidad de este producto.

Las Ciencias Químicas son básicamente disciplinas experimentales. Como tales, los profesionales de la Química y de las ciencias afines miden y expresan sus resultados como promedio de un grupo de mediciones realizadas en las mismas condiciones. Todos estamos acostumbrados a indicar estos resultados con el error asociado a las determinaciones.

Existen distintos criterios para presentar las medidas realizadas y la dispersión de los resultados, a veces en forma de gráficos, tablas o generar correlaciones entre distintas variables. sistema universitario con el medio productivo y ciencias de la salud.

ISSN: 2591-6718



COMISION DIRECTIVA DE LA  
ASOCIACION QUIMICA ARGENTINA

**Presidente**

Dr. Carlos Oscar Cañellas

**Vicepresidente**

Dr. Alberto Luis Capparelli

**Secretaria**

Dra. Alicia B. Pomilio

**Tesorero**

Dr. Arturo Vitale

**Protesorero**

Tco. Qco. Claudio Salvador

**Director de Biblioteca**

Dr. Máximo Barón

**Vicedirectora de Biblioteca**

Dra. Stella Maris Battista

**Vocales Titulares**

Dr. Ángel Alonso

Dr. Máximo Barón

Dra. Stella Maris Battista

Dr. Eduardo Alberto Castro

Dr. Jorge Oscar Ciprian Ollivier

Dr. Pablo Román Duchowicz

Dra. Sandra Hernández

Dr. Alberto Jorge Lazarowski

Dra. Alicia Beatriz Pomilio

Dra. Marisa Gabriela Repetto

Lic. Enrique G. Rodger

Técnico Químico Claudio Salvador

Dr. Arturo Alberto Vitale

**Vocales Suplentes**

Dr. Luis Bruno Blanch

Dra. Alicia Jubert

Dr. Gustavo Ruiz

**Órgano de Fiscalización:**

Titulares

Dr. Víctor Szewczuk

Dr. Mario Félix.

Suplentes

Dr. Andrew Mercader

Nuestra actividad diaria está asociada directamente con el consumo de energía en distintas áreas de la actividad humana. En los últimos 100 años, esta demanda de energía ha sido satisfecha principalmente a partir de los combustibles fósiles, con un aporte de gases que afectan el medioambiente. En particular, la combustión de hidrocarburos constituye una de las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> debida a la acción humana. El CO<sub>2</sub> es el principal gas de efecto invernadero hoy reconocido como uno de los causantes del cambio climático y el calentamiento global. Es decir, hay una relación directa entre el uso de la energía y el impacto negativo sobre el medioambiente. En este número se presentan los avances que llevan adelante un grupo de investigación del Centro Atómico Bariloche (CAB) en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) donde se aborda un modelo energético que contempla el desarrollo económico, social y ambiental con el fin de contribuir a la generación de fuentes de energías limpias y renovables en la matriz energética global.

La contaminación ambiental es un tema relevante, por lo que desarrollar energías para su eliminación es significativa como base de una inmensa actividad científica, empresarial y estatal. En este número podrán leerse algunos aspectos químicos, biológicos y geológicos del hierro, para la vida tal como la conocemos, así como el desarrollo de tecnologías para la destrucción de contaminantes (Fe<sup>0</sup>, procesos Fenton, etc.).

Así como los químicos trabajamos con la Tabla Periódica de los Elementos, en el campo de la Física Moderna, en los últimos 50 años se produjo un cambio en los paradigmas de la disciplina a nivel de partículas y subpartículas. En este número se ataca este problema priorizando los aspectos didácticos y mostrando que, de manera similar que en la Química, existe una Tabla Periódica de las partículas elementales, pero discutiendo qué se entiende por elemental.

Finalmente, se presenta una breve descripción de los Premios Nobel en Química, Medicina y Fisiología y Física. Estas distinciones han estado dirigidas a premiar las nuevas áreas del conocimiento: En las Ciencias Químicas, el impacto de la llamada Química Click en la síntesis química; en Ciencias Naturales, el papel de la interdisciplina para generar un nuevo campo de estudio, la paleogenómica; y en el campo de la Física los avances en las tecnologías de la información cuántica a través de conceptos no usuales en el lenguaje del promedio de los habitantes (aunque común entre los niños y adolescentes), el entrelazamiento cuántico que obliga a cambiar conceptos de la física y la teleportación de relevancia en la tecnología cuántica, donde los países, como China, EE.UU. y la UE, están realizando inversiones significativas por su impacto en sus respectivas economías y en sus políticas estratégicas y de defensa.

Dr. Alberto L. Capparelli

ISSN: 2591-6718



COMISION DIRECTIVA DE LA  
ASOCIACION QUIMICA ARGENTINA

INDUSTRIA Y QUÍMICA

Órgano oficial de la Asociación  
Química Argentina

**Director**

Dr. Alberto L. Capparelli

**Comité de Redacción**

Dr. Mariano Fonticelli

Tco. Qco. Claudio Salvador

**Edición**

Dr. Alberto L. Capparelli

Dr. Arturo A. Vitale

**Comité Científico Asesor**

Dr. Enrique J. Baran

Dra. Cristina Añón

Dra. Elsa Damonte

Dr. Miguel Angel Blesa

Dra. Sandra Hernandez

Dr. Miguel R. Laborde

Dra. Alicia B. Pomilio

Dra. Silvia Porro

Dra. Norma Sbarbati

Nudelman

Dr. Horacio Sancovich

Dra. Rosario Soriano

Dra. Noemí Walsøe de Reca

## Índice

<b>Editorial</b>	Pág. 1
<b>Actividades de la Asociación Química Argentina</b>	
Novedades de la AQA	Pág. 4
Cursos dictados entre julio y diciembre de 2022	Pág. 7
<b>Educación</b>	Pág. 9
Avances en la enseñanza de la química. Resumen de las XII Jornadas nacionales y IX Jornadas internacionales de enseñanza de la química universitaria, superior, secundaria y técnica. <b>JEQSST2022</b>	Pág. 10
La miel, el ámbar dorado	Pág. 14
Elementalidad	Pág. 29
<b>Artículos Técnicos</b>	Pág. 37
Buenas prácticas en visualización de datos	Pág. 38
El hidrógeno: un actor relevante en el escenario de la descarbonización Energética.	Pág. 46
Taninos en el vino: Factores que influyen en su Percepción sensorial	Pág. 53
De hierro somos: Propiedades e importancia en el sostén de la vida	Pág. 61
Con la miel en la sangre. La experiencia práctica de un apicultor bonaerense. La apicultura y los pequeños grandes detalles para llegar al éxito.	Pág. 68
<b>Noticias Académicas y Tecnológicas</b>	
Premio Nobel de Química	Pág. 82
Premio Nobel de Física	Pág. 90
Premio Nobel de Medicina y Fisiología	Pág. 95
Homenaje al Dr. Alejandro J. Vernengo	Pág. 100
Homenaje al Dr. Eduardo A. Castro	Pág. 102

ISSN: 2591- 6718



**Revista Anales de la Asociación  
Química Argentina**

**Director**

*Dr. Alberto Jorge Lazarowski.*

**Vicedirectora**

*Dra. Marisa Gabriela Repetto*

**Comité Asesor de la Dirección**

*Dr. Alan Talevi*

*Dr. Pablo R. Duchowicz.*

**Comité Editorial**

*Dra. Alicia Fernández Cirelli*

*Dra. Alicia Beatriz Pomilio*

*Dr. Ángel Alonso*

*Dr. Alberto Luis Capparelli*

*Dra. Norma B. D'Accorso*

*Dr. Arturo Alberto Vitale*

**Comité Académico Asesor**

*Dra. Aída Ben Altabef*

*Dr. Ernesto Calvo*

*Dr. José Luis Crudo*

*Dr. Carlos O. Della Védova*

*Dra. Rosa Erra-Balsells*

*Dra. Sandra Hernandez*

*Dra. Marta Litter*

*Dra. Alicia Penissi*

*Dr. Gustavo Romanelli*

*Dr. Rolando Spanevello*

*Dr. Roberto J. J. Williams*

**Consejo Internacional de Asesores  
Científicos**

*Dr. Sylvio Canuto (Brasil)*

*Dr. Juan M. Díez Tascón (España)*

*Dr. José Elguero (España)*

*Dr. Ivan Gutman (Serbia)*

*Dr. Arsenio Muñoz de la Peña (España)*

*Dr. Francisco Tomás Vert (España)*

## NOVEDADES DE LA AQA

### Informe de Secretaría:

- Se efectuó la difusión electrónica y apoyo logístico a los cursos.
- Se coordinó la recepción y búsqueda de pedidos para la bolsa de trabajo.
- Se continuó con las actividades habituales de la secretaría, tales como cartas de otorgamiento de auspicios a Reuniones Académicas y/o Profesionales Nacionales, Regionales e Internacionales de otros Organismos e Instituciones, intercambio con otras Asociaciones, Cámaras e Industrias relacionadas con la Química y con las Autoridades Nacionales y de la Ciudad de Buenos Aires; además, atención de la correspondencia, notificaciones varias, tareas complementarias encargadas por miembros de la CD, atención del público asistente a la sede y demás tareas concernientes al sector.

La Dra. Pomilio informa que se otorgó el auspicio y el permiso de uso del logo de AQA para el “XXIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear (ALASBIMN)” y el “XXIII Congreso Argentino de Medicina Nuclear (AABYMN)”, a efectuarse los días 15 al 18 de noviembre de 2023, en el Hotel Hilton de la Ciudad de Buenos Aires, con el lema “*Futuro de las Imágenes Moleculares – Diagnóstico y Tratamiento*”, organizado por la Asociación Latinoamericana de Sociedades de Biología y Medicina Nuclear, con sede en Montevideo, Uruguay .

El Dr. Carlos O. Cañellas, Presidente de AQA, actuó como representante de la AQA en la reunión y cena de ANMAT que tuvo lugar el 22 de agosto de 2022. Asimismo fue disertante en el marco del Congreso *ExpoFarma VI*, edición Uruguay, desarrollado en de octubre de 2022, desarrollando la disertación “AQA: Funciones y Aporte Regional”,

La Dra. Luz Lastres Flores ha informado que debido a su edad ha tenido que retirarse de toda actividad relacionada con la Química, incluida AQA. Dado que la Dra. Lastres ha sido Miembro de la C.D. y ha colaborado permanentemente con esta Institución a través de la División de Educación y en otras actividades con el aval de la Comisión Directiva se procedió a designarla *Socia Vitalicia*. La Dra. Lastres Flores alcanzó el grado de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en 1965, defendiendo la tesis. “*Nitrato-nitrosil derivados de Pt(II) y Pd(II)*” . y desarrollada en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Posteriormente dirigió su interés hacia la enseñanza y didáctica de la Química, donde contribuyó en la conformación de grupos de trabajo en un período en el que la temática no se le consideraba relevante ante las distintas instituciones relacionadas con la actividad científica. Su trayectoria ha sido reconocida por sus colegas en distintas ocasiones y en particular su participación en la División sobre Educación en Química de la AQA.

De manera similar, se acordó reconocer como socia vitalicia a la Dra. Silvia S. Miyazaki, quien ha realizado contribuciones valiosas a la Química y a la AQA. La Dra. Miyazaki alcanzó el título de Licenciada en Química (1980) en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Posteriormente realizó estudios en Japón en temas relacionados con Microbiología Aplicada y Fisiología, donde en 1983, alcanzó el

Máster en Agronomía y el de Doctor en Agronomía Química, ambos grados en el Department of Agricultural Chemistry de la Universidad de Kioto. Contribuyó a formación de recursos humanos y ejerció la docencia en el Departamento de Ecología de la Facultad de Agronomía de la UBA. Se jubiló como Profesora Consulta Titular en diciembre 2022.

De manera similar propuso al Dr. Antonio Miguel Roig, quien desarrolló una amplia actividad en el seno de la AQA, desde que alcanzara, en 1983 el grado de Doctor en Química defendiendo la tesis "Determinación cuali y cuantitativa de microcantidades de antimonio" en la Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Se procedió a entregarle a la Socios Vitalicios el Diploma correspondiente acompañado de una carta de agradecimiento en reconocimiento a sus aportes.

#### **Tesorería:**

El Dr. Vitale, Tesorero de la AQA, informa que el presupuesto está equilibrado. y destaca que se pudieron solventar sin inconvenientes los meses de enero y febrero.

La AQA ofrece varias modalidades para el pago de las cuotas sociales y servicios: tarjeta de débito o crédito Visa, Mastercard, mediante débito automático con la tarjeta VISA, todos los socios abonan sus cuotas mediante estas modalidades salvo los socios vitalicios (que se encuentran exentos) y aquellos que gozan de las licencias debidamente autorizadas.

También se incorporó Mercado Pago y Western Union para los socios que abonan desde el exterior.

#### **Dictado de Cursos**

El Tco. Qco. Claudio Salvador señala que se continúa con el dictado de cursos en las diversas modalidades virtuales, con muy buena participación. Se anexa el listado de los cursos desarrollados entre julio y diciembre de 2022.

#### **Informe de Biblioteca:**

La CD se comunicó vía telefónica con el Dr. Máximo Barón, que se encuentra en Canadá, quien informó que ha habido pocas consultas durante estos meses.

#### **XII Jornadas Nacionales y IX Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica (JEQUSST 2022):**

En las Jornadas de Educación hubo 249 inscriptos y fueron presentados 127 trabajos. Se organizaron 6 conferencias plenarias a cargo de especialistas en esta temática y 19 talleres, muy diversos e interesantes. Ver en la sección Educación en Química el detalle de estas exitosas Jornadas.

La Secretaría procedió a enviarle a la Dra. Sandra Hernández la carta de agradecimiento y de felicitación, así como el Diploma correspondiente labor desarrollada en la Organización de las XII Jornadas Nacionales y IX Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica (JEQUSST 2022). La Dra. Hernández agradeció a las autoridades de la

Comisión Directiva por tal distinción y el apoyo brindado para el desarrollo de la reunión.

Asimismo, la Dra. Sandra Hernández está completando el número especial de las Actas de esas Jornadas, con registro ISBN, que estará disponible próximamente.

#### **Informe sobre Premios:**

Ha habido un retraso en la entrega de Premios de AQA debido a la pandemia, por lo que no se realizaron las ceremonias presenciales correspondientes hasta 2023. Distintas instituciones han hecho propuestas de los Premios que correspondían según el año, así como de Tesis Doctorales y de los mejores promedios de colegios técnicos. Actualmente evaluadores están analizando las presentaciones disponibles, y se encuentran en vías de completar su tarea. De acuerdo con esto, se podrían hacer entregas escalonadas durante el año 2023 en lugares a determinar ante remodelaciones programadas en el Salón Ameghino previstas para 2023.

#### **Informe de la División Química Medicinal:**

Está abierta la posible de realizar Jornadas sobre temas químicos de interés. En este contexto, se está estudiando la organización de actividades en Química Medicinal, presenciales y/o virtuales. El Dr. Alan Talevi se muestra dispuesto a organizar el evento durante 2023 y, dentro de las posibilidades participar en una Red de investigadores sobre temas de esta especialidad.

La AQA pone a disposición la infraestructura de Congresos para la presentación de resúmenes y la facturación.

#### **Publicaciones:**

##### ***Anales de la Asociación Química Argentina e Industria y Química:***

El número 1-2 del volumen 109 de *Anales de la Asociación Química Argentina* del año 2022 se encuentra disponible en la página Web de AQA. Se ha comenzado la recepción de trabajos para el número 1 del volumen 110,

##### **Industria y Química:**

Durante este semestre se publicó el número 372 de la revista a *Industria y Química*, La misma se puede consultar en el sitio WEB de la AQA.

## CURSOS DICTADOS ENTRE JULIO Y DICIEMBRE DE 2022

FECHA	TÍTULO	DURACIÓN	DOCENTE
8 julio	Control microbiológico ambiental de aire y superficies en industria de alimentos	5 horas	Biol. Alina del Mar Infante
14 julio	Introducción al cumplimiento de integridad de datos en ambientes regulados ver	3 horas	Farm. María Laura Borzone
1 agosto	Estadística aplicada al control de la calidad. Usando Excel y Minitab	4 semanas	Prof. Horacio Napolitano
8 agosto	Introducción al HPLC	4 semanas	Lic. Silvia Trajtemberg
12 agosto	Seminario de calificación de áreas limpias en industrias de alimentos y farmacia	4 horas	Biól. Alina del Mar Infante
15 agosto	Validación de métodos analíticos.	3 semanas	Prof. Horacio Napolitano
19 agosto	Interpretación de Fichas de Seguridad de Productos Químicos (Sistema Globalmente Armonizado)	4 horas	Lic. Graciela Egüés
25 agosto	Introducción al cumplimiento GAMP v5 para validación de sistemas computarizados en entornos regulados	3 horas	Farm. María Laura Borzone
5 septiembre	Espectrometría Ultravioleta - Visible (UV - Vis)	3 semanas	Prof. Horacio Napolitano
19 septiembre	Armado de un Sistema de Gestión de Calidad para Laboratorios Analíticos ISO-17025-2017” (Incluye Gestión y Análisis de Riesgo)	3 semanas	Prof. Horacio Napolitano
26 septiembre	Valorización catalítica de biomasa	3 semanas	Dr. Gustavo Pablo Romanelli y Dr. Diego Manuel Ruiz
3 octubre	Control estadístico aplicado a producción y laboratorio con Excel y Minitab (incluye aplicación para laboratorios químicos)	3 semanas	Prof. Horacio Napolitano
10 octubre	Monitoreo de aguas de uso farmacéutico	3 semanas	Lic. Mónica Lagomarsino
24 octubre	Cálculo de incertidumbre	3 semanas	Prof. Horacio Napolitano

	en química analítica (Con aplicaciones para laboratorios clínicos)		
7 noviembre.	Formación de auditores internos	3 semanas	Prof. Horacio Napolitano
16 noviembre.	Desarrollo de envases y embalajes en la industria alimenticia y farmacéutica	4 horas	Lic. Alicia Varela
23 noviembre	Problemática del uso de plaguicidas, estrategias y prácticas agroecológicas	6 horas	Ing. Agr. Javier Souza Casadinho
2 diciembre	Preparación de muestras	3 semanas	Lic. Silvia Trajtemberg
5 diciembre	Muestreo ambiental	3 semanas	Prof. Horacio Napolitano

EDUCACION EN CIENCIAS  
QUÍMICAS Y FÍSICA

**AVANCES EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA.  
RESUMEN DE LAS XII JORNADAS NACIONALES Y IX JORNADAS  
INTERNACIONALES DE ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA UNIVERSITARIA,  
SUPERIOR, SECUNDARIA Y TÉCNICA. JEQSST2022**

**Sandra Hernández**

División Educación Química. Asociación Química Argentina

**Resumen:** Las actividades sobre la enseñanza de las Ciencias y de la Química en particular han alcanzado un nivel de madurez significativo, ya sea a través del intercambio académico como la organización de reuniones, jornadas y congresos en estas temáticas.

En esta comunicación se detallan algunas de las conclusiones alcanzadas en

las XII Jornadas Nacionales y IX Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica – identificadas con la sigla JEQSST 2022 realizadas entre el 2 y el 4 de noviembre 2022 en la Universidad Nacional de Sur, como parte de las actividades previstas en la División Educación en Química de la Asociación Química Argentina.



**Objetivos:**

Las XII Jornadas Nacionales y IX Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica - JEQSST 2022, llevadas a cabo, *en modalidad virtual*, del 2 al 4 de noviembre de 2022, convocaron a las Ciencias Químicas y otras Ciencias Interdisciplinarias a participar activamente del debate y preocupación en temas de actualidad y relevancia educativa y social, tales como los planteados en los objetivos de la Agenda 2030 y los Objetivos de

Desarrollo Sostenible (ODS) y sus metas específicas.

En estas jornadas se propuso revisar y actualizar la formación en Química, definiendo como objetivos:

- Intercambiar experiencias y puntos de vista propiciando la reflexión a partir de los aportes expuestos de prácticas áulicas, de proyectos de innovación, de extensión y de investigaciones que pudieran hacer docentes, estudiantes e

investigadores, como resultado de su labor;

- difundir y discutir investigaciones y experiencias didácticas con diversas orientaciones teóricas y metodológicas en todos los niveles del sistema educativo;
- contribuir a la construcción del conocimiento en enseñanza e investigación de las Ciencias Químicas y otras Ciencias Interdisciplinarias;
- reflexionar acerca de la perspectiva de género, la diversidad y la educación inclusiva en la enseñanza de la Química;
- brindar aportes de especialistas sobre problemáticas de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, conociendo diferentes aspectos para su abordaje;
- reunir a los investigadores en Ciencias Químicas y otras Ciencias Interdisciplinarias con los profesores de distintos niveles del sistema educativo, con la intención de tender redes y espacios de articulación para el mejoramiento de la práctica educativa.

### Desarrollo del JEQSST

Las Jornadas se estructuraron en Conferencias Plenarias y el dictado de Cursos- y Talleres de trabajo.

Las JEQSST 2022 se desarrollaron en modalidad virtual, con dos formas de intervención complementarias, una asincrónica y otra sincrónica. La comunicación asincrónica se realizó a través de un aula Moodle, habilitada para las jornadas, la cual contó con el acceso a los resúmenes y los videos de cada trabajo, y de las conferencias, y con foros de consulta y discusión.

Para los encuentros sincrónicos, se utilizó ZOOM como plataforma de videoconferencia y de socialización de los trabajos presentados en las mesas de diálogo dispuestas para tal fin

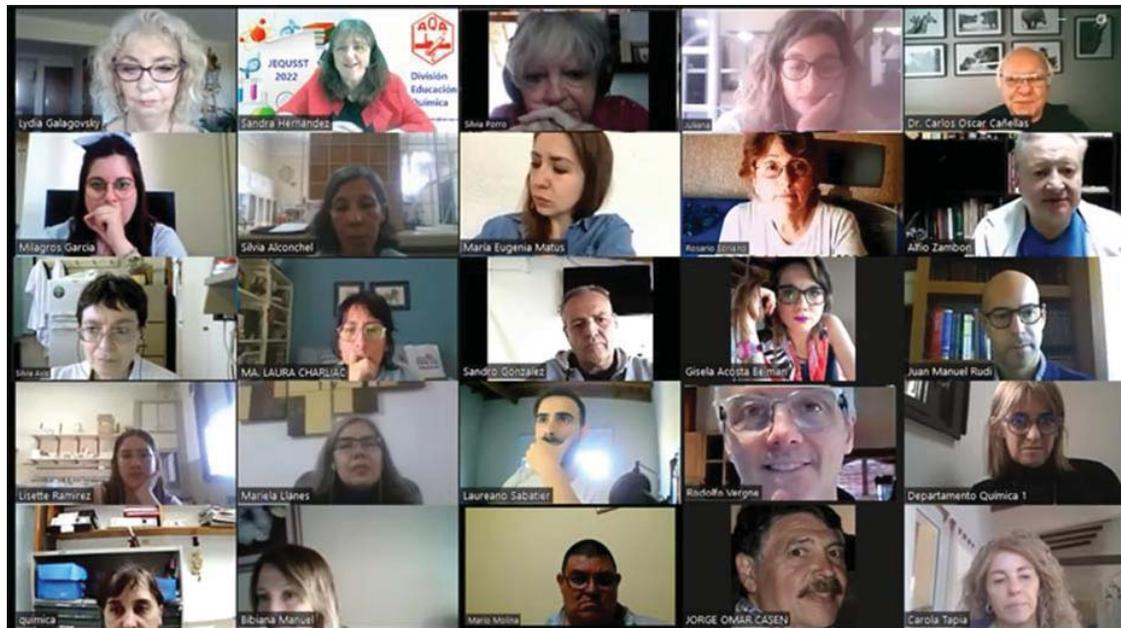
En sus sesiones participaron seis conferencistas de nivel internacional a cargo de profesionales de amplia actuación en los temas de las Jornadas: la Dra. Lydia Galagovsky (FCEN, UBA, Argentina), el Dr. Vicente Talanquer (University of Arizona, Tucson, Estados Unidos), la Dra. Silvia Porro (GIECIEN, UNQ, Argentina), la Dra. María Gabriela Lorenzo (CIAEC, FFyB, UBA, CONICET, Argentina), el Dr. Mario Quintanilla Gatica (GRECIA-UC, Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, Chile) y el Dr. Gabriel Pinto Cañón (Universidad Politécnica de Madrid, Reales Sociedades Españolas de Física y de Química de España) distinguieron las jornadas con sus valiosos aportes en temas de actualidad.



Figura 1:-Conferencistas plenarios.

Asimismo, se contó con el dictado de 19 cursos-taller en temáticas diversas, 12 con un encuentro sincrónico y espacios de tareas y debates asincrónicos; y 7 totalmente asincrónicos.

En la Figura 2 se muestra una foto de las sesiones virtuales, entre los que se puede observar la presencia del Presidente de la AQA en la sesión inaugural y la Presidenta de las Jornadas.



**Figura 2:** Toma fotográfica de una de las pantallas de los presentes durante el acto inaugural de las Jornadas vía ZOOM. La Dra. Sandra Hernández puede observarse en la primera de las filas, segunda a la derecha de la Dra. Galagovsky y al Presidente de la AQA, Dr. Carlos Cañelas, arriba a la derecha en la misma fila.

Cabe destacar la participación activa de los 249 inscriptos al evento, tanto en las conferencias como durante la socialización de los 127 trabajos, los cuales, divididos de acuerdo a los ejes preestablecidos, se presentaron en modalidad conversatorio.

Los diez ejes propuestos para el encuentro fueron:

**Eje 1** - Enseñanza de temas de Química: estrategias didácticas y metodológicas en diferentes áreas

**Eje 2** - Contribución de la Química al Desarrollo Sostenible

**Eje 3** - Educación en Química mediada por tecnologías

**Eje 4** - Educación en Química en contexto y en interdisciplina (CTSA, STEAM, ApS)

**Eje 5** - Perspectiva de género, diversidad y educación inclusiva en la enseñanza de la Química

**Eje 6** - Estrategias de articulación de saberes químicos entre niveles educativos

**Eje 7** - Evaluación de saberes químicos

**EJE 8** - Formación del profesorado de Química

**Eje 9** - Historia y epistemología de la Química y de su enseñanza

**Eje 10** - Resultados de proyectos de investigación educativa y de extensión en Química

Todos los trabajos presentados fueron evaluados por los miembros del Comité Científico de las JEQUSSST 2022 en modalidad doble ciego.

Los 127 trabajos presentados fueron escritos por 401 autores de origen nacional e internacional quienes reflexionaron sobre el importante rol de la Química en la educación, en sus diferentes niveles académicos.

Es un honor para la División Educación Química de la AQA que las JEQUSSST 2022 fueran consideradas de interés académico por la Universidad Nacional del Sur, la Dirección de Educación a Distancia (DirEad) de la UNS, el Departamento de Química de la UNS y el Instituto de Química del Sur (INQUISUR, UNS-CONICET); así como haber contado con el beneplácito del Consorcio de Grupos de Investigación en Educación en Ciencias Naturales y Experimentales de la Argentina (CONGRIDEC), el Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica (CIAEC) de la Facultad de Bioquímica y Farmacia de la UBA, la Red Latinoamericana de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, el Laboratorio de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales GRECIA-UC, la Asociación de Educadores en Química de la República Argentina (ADEQRA), la Asociación de Profesores de Física de Argentina (APFA) y la Asociación de Docentes de Biología de la República Argentina (ADBIA).

A continuación, deseo remarcar las distinciones realizadas en el marco de las JEQUSSST 2022:

La edición especial del volumen 109 (Número Extra) de la revista Anales de la Asociación Química Argentina, cuenta con la selección de los mejores trabajos de

cada eje y las contribuciones de dos de los conferencistas invitados, la Dra. Silvia Porro y el Dr. Gabriel Pinto Cañón. Fueron distinguidos 38 trabajos de los 127 presentados, los cuales pueden ser consultados en la página web de la AQA en la dirección: <https://aqa.org.ar/index.php/volumenes-publicados>.

Asimismo, el Dr. Damián Lampert, miembro del Comité Científico de las jornadas, recibió una distinción como *Evaluador destacado* por haber arbitrado más de veinte trabajos con dedicación y esmero, contribuyendo no solo a la calidad del escrito, sino también a la formación de las y los autores de tales contribuciones.

El Libro de las Actas de las XII Jornadas Nacionales y IX Jornadas Internacionales de Enseñanza de la Química Universitaria, Superior, Secundaria y Técnica, JEQUSSST-2022, editado por la Asociación Química Argentina con ISBN: 978-987-47159-6-8, quedará disponible para su consulta en la página web de la AQA, en la sección CONGRESOS Y EVENTOS (<https://aqa.org.ar/index.php/congresos-y-eventos>).

Este libro representa un valioso ejemplar de consulta, donde se recopilan: una breve semblanza de cada conferencista, así como también un resumen y el enlace al video de cada conferencia; los trabajos completos y un índice especial conteniendo los enlaces de los respectivos videos presentados y el detalle e información relevante de cada taller dictado.

## LA MIEL, EL ÁMBAR DORADO

Alberto L Capparelli

Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP

E-mail: alcappa2000@yahoo.com.ar

**Resumen:** En esta primera parte se describen brevemente los aspectos históricos sobre el desarrollo de la apicultura, algunas propiedades fisicoquímicas que se emplean como criterios de calidad y su influencia en el desarrollo económico del país, así como los beneficios y amenazas que le afectan.

El que escribe estas líneas tuvo una breve experiencia en la apicultura desde 1973 hasta principios de la década de

1980. Los avatares económicos que caracterizaron a nuestro país lo alejaron de esta empresa. Sin embargo, el aprendizaje y la enseñanza adquirida, generaron en el autor un profundo respeto por esta actividad que se desarrolla con un esfuerzo significativo por los apicultores

Este documento es una breve introducción a un tema de mucha relevancia para la economía del país.



**Figura 1:** Apicultor controlando una colmena.

### **Introducción:**

Las abejas producen miel y son agentes para la polinización cerca del 80% de las plantas y más de 90 tipos de cultivos, además de poseer un comportamiento social que se manifiesta colectivamente en los enjambres.

La miel es el resultado de la actividad de las abejas melíferas, pero existen más especies de abejas que la suma de aves y mamíferos [1]. La miel es principalmente una solución de agua y azúcar, con otros componentes

químicos en menor proporción, que las abejas recogen de los nectarios, transportan a la colmena, y finalmente transforman gracias a los procesos enzimáticos y de maduración en la colmena. La transformación del néctar en miel es un proceso de concentración que disminuye el contenido de agua desde un 70-90% hasta valores del 15% al 18%. En esta etapa, la sacarosa se hidroliza a fructosa y glucosa, mediante la enzima invertasa contenida en la saliva de las abejas.

El comportamiento social de las abejas que se engloba en un modo de vida cooperativo que se observa en la naturaleza se denomina *eusocialidad*. Este concepto engloba a aquellas especies donde la mayoría de los individuos de una colonia no se reproducen, sino que trabajan al servicio de una hembra reproductora o reina.

En esta categoría se incluyen a las hormigas, a las termitas, a las abejas como la del género *Apis*, como también algunos crustáceos y mamíferos [2].

En este tipo de comunidad, la reina produce huevos, que en el caso de abejas puede llegar hasta los 1500 por día. Los huevos fertilizados dan origen a las abejas hembras que se convierten en obreras y los huevos no fertilizados se transforman en zánganos. La productividad de las reinas decrece con la edad y llegado el caso, las obreras se encargan de seleccionar una nueva reina, a la que se la alimenta con jalea real en una celda real especial.



**Figura 2:** Abeja reina desovando y obreras. Observar la diferencia de tamaño entre la reina-y las obreras.

En caso de que surjan varias reinas en la misma colmena, estas luchan, hasta que una de ellas abandona la colmena y se aparea con los zánganos para dar origen a otro enjambre. El apareamiento del zángano con la reina conduce a la muerte de la abeja macho, ya que sus órganos genitales son arrancados durante el acto.

Tal como lo establece la legislación argentina, “*la miel es un producto alimenticio natural elaborado por las abejas a partir del néctar de las flores. La definición, identidad y calidad de la miel se encuentran establecidas en el Capítulo X, Art. N° 782 y Art. N° 783 del Código Alimentario Argentino*” [3].

Actualmente, en Argentina trabajan entre 24 y 25 mil apicultores, con 2,5 a 3 millones de colmenas instaladas, número que posiciona al país como el

más importante en el hemisferio sur [Fuente: infomiel.com].

La miel es una de las mezclas naturales empleadas por el hombre desde épocas pretéritas. Es el resultado de la actividad natural de las abejas del género *Apis*, que incluye a la *Apis mellifera* o abeja doméstica en el proceso que conocemos como polinización [4].

El aprovechamiento de la miel se encuentra documentado desde hace más de 8000 años. Los estudios realizados en sitios neolíticos y que se hallan ampliamente distribuidos en Europa, el cercano oriente y norte de África, han puesto en evidencia la presencia de cera de abeja en los restos de cerámicas empleadas en los asentamientos de los agricultores que se agrupaban en las comunidades primitivas [5].

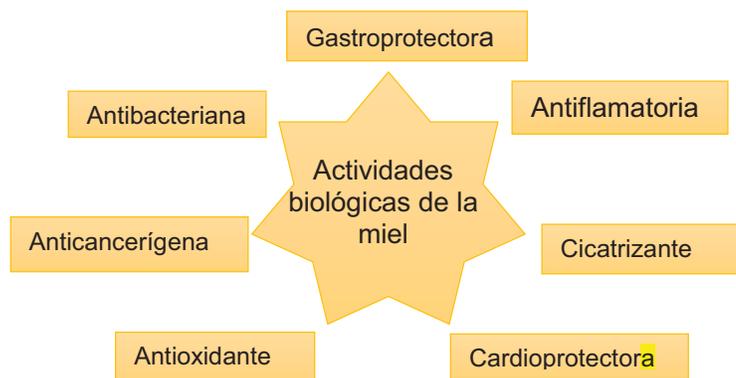


Figura 3:

Adaptado de V. Rao Pasupuleti *et al.* [5]

Los usos de la miel, entre otros, como alimento, en la preparación de medicamentos y endulzantes eran ampliamente conocidos entre los sumerios, egipcios, griegos, judíos, mayas, aztecas, etc. (Figura 3).

Las excavaciones arqueológicas han permitido descubrir vasijas conteniendo miel perfectamente en condiciones de ser empleada [6].

**Distribución geográfica de las abejas:**

Orr *et al.* (1) estudiaron la variabilidad ambiental importante. Así hallaron que existen muchas menos especies de abejas en los bosques y selvas que en los ambientes áridos del desierto debido a que los árboles tienden a proporcionar menos fuentes de alimento para estas que las plantas y flores bajas. La variabilidad ambiental suele tener un efecto positivo en la biodiversidad, con un enorme potencial para encontrar nuevas especies en este tipo de ecosistemas (Figura 4).

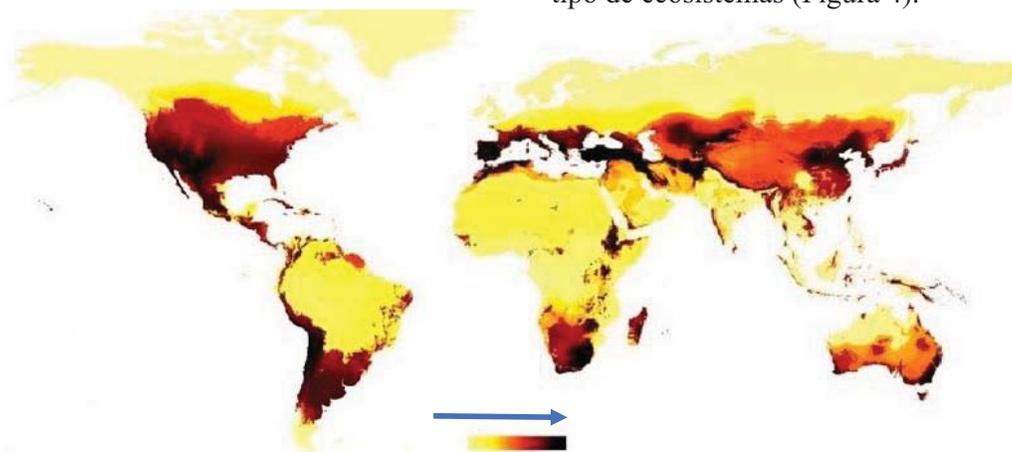


Figura 4: Distribución geográfica de las poblaciones de abejas. En amarillo, se muestran las regiones donde la cantidad de abejas es más baja [1].

Las abejas muestran un gradiente latitudinal bimodal poco común, con mayor riqueza en latitudes medias.

Las zonas templadas y muy secas o con poca humedad ambiental albergan mayor riqueza que en las zonas tropicales. Existen más especies de abejas en el hemisferio norte que en el sur y en menor proporción en los trópicos.

### Tipos de mieles

No existe un único tipo de miel, ya que depende de la región y el tipo de floración donde están ubicadas las colmenas.

La composición y características organolépticas de la miel dependen de las flores y de las condiciones climáticas del sector de origen.

La legislación argentina, en el Artículo 3° de la “Guía para la caracterización de mieles argentinas” [7] describe que *se considerarán mieles monoflorales o uniflorales aquellas en cuya composición se encuentre, como mínimo, un cuarenta y cinco por ciento (45%) de polen de la misma familia, género o especie floral, y posea características organolépticas, fisicoquímicas y microscópicas propias, excepto las mieles que se mencionan a continuación* [8]:

**Miel de citrus** (*Citrus* spp.): *Es aquella en cuya composición se encuentra un mínimo de diez a veinte por ciento (10 a 20%) de granos de polen de citrus, permitiéndose hasta un veinte por ciento (20%) de humedad.*

**Miel de eucalipto** (*Eucalyptus* spp.): *Es aquella en cuya composición se encuentra un mínimo de setenta por ciento (70%) de granos de polen de especies de este género.*

**Miel de tréboles** (*Trifolium* spp.): *Es aquella en cuya composición se encuentran presentes pólenes de Melilotus, alfalfa (Medicago sativa) y Lotus, en su conjunto alcanzando un*

*valor mínimo de cuarenta y cinco por ciento (45%).*

**Miel de alfalfa** (*Medicago sativa*): *es aquella en cuya composición se encuentra un mínimo de veinte por ciento (20%) de granos de polen de dicha especie.*

**Miel de Melilotus**: *Es aquella en cuya composición se encuentra un mínimo de veinte por ciento (20%) de granos de polen de especies de este género.*

**Miel de Lotus**: *Es aquella en cuya composición se encuentra un mínimo de veinte por ciento (20%) de granos de polen de especies de este género.*

### Composición de la miel

La miel es básicamente una solución sobresaturada de azúcares, con una composición porcentual global de aproximadamente un 82% en carbohidratos, principalmente fructosa (38-39%), glucosa (31%), en menor proporción maltosa (7,5%), sacarosa (1%), y otros azúcares como valores relativamente típicos, además de agua (18%).

En su composición, se detecta panosa, que es un trisacárido con tres unidades de glucosa, con estructura química glucosa- $\alpha(1\rightarrow6)$ -glucosa- $\alpha(1\rightarrow4)$ -glucosa; peróxido de hidrógeno, en forma natural, que ayuda a eliminar los microorganismos patógenos; enzimas como la amilasa, peróxido oxidasa, catalasa y fosforilasa ácida; aminoácidos; vitaminas del complejo B como B<sub>1</sub> (tiamina), B<sub>2</sub> (riboflavina), B<sub>3</sub> (niacina), B<sub>5</sub> (ácido pantoténico), B<sub>6</sub> (piridoxina), B<sub>8</sub> (biotina), B<sub>9</sub> (ácido fólico) y B<sub>12</sub>, vitamina C, así como minerales en bajas proporciones (calcio, cobre, hierro, magnesio, fósforo, potasio y zinc) y antioxidantes como flavonoides [5].

Aunque la miel se obtiene como un líquido, al presentar un alto contenido de glucosa y fructosa, junto con la

humedad, son factores que influyen intensamente en condiciones de sobresaturación y de cristalización, dando lugar a un material cristalino con un punto de ablandamiento variable. A mayor contenido de agua, menor es la tendencia a cristalizar.

La falta de humedad es una condición fundamental para la conservación de la miel. Mientras el porcentaje de humedad permanezca por debajo de 18 % nada podrá crecer en ella. Por encima de ese valor pueden aparecer procesos fermentativos.

El carácter antibacteriano de la miel pura ha sido empleado en ritos funerarios de preservación de cuerpos en la antigüedad. Entre los relatos que proliferan en las distintas fuentes bibliográficas. Según el egiptólogo E.A. Wallis Budge (Inglaterra 1857-1934), los restos mortales de Alejandro Magno fueron preservados en el sarcófago relleno de miel para evitar su

putrefacción en el traslado desde Babilonia hasta Alejandría. Esta versión es opuesta a la que describe Plutarco, quien relata que el cuerpo de Alejandro fue embalsamado por expertos traídos de Egipto.

### Propiedades fisicoquímicas de la miel

La miel es el producto natural elaborada por las abejas a partir del néctar de las flores y secreciones de las plantas. Sus propiedades fisicoquímicas dependen de la época de cosecha, de los factores ambientales predominantes en el período de cosecha y de las zonas biogeográficas. En general, las propiedades fisicoquímicas y la calidad final están en función de su origen botánico. En la Tabla 1, se pueden observar valores obtenidos en la provincia de Santa Fe en las mieles cosechadas en los períodos 2005/06 y 2006/07.

**Tabla 1:** Valores máximos y mínimos de mieles de la Provincia de Santa Fe, correspondiente a los obtenidos en el norte (N) y el sur (S) de la provincia. Estos valores se pueden comparar con los establecidos en el Reglamento Técnico del MERCOSUR de 1994 [9].

Parámetro	Conductividad Eléctrica	HMF	Índice de Diastasa	Rotación Específica	Azúcares Reductores	Sacarosa Aparente
Unidad	mS.cm <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>		$-\alpha_D^{20}$	g%	g%
Límites internacionales [Reglamento técnico MERCOSUR, 1994]	< 0,8	< 40	≥ 8	Sin dato	≥ 65	≤ 5
Valores mínimos medios detectados (N-S)	0,293-0,280	0,4-6	2,80-8,45	12,5- 6,3	67,5-63,2	0,7-0,7
Valores máximos medios detectados (N-S)	0,433-0,450	29,3-55,5	20,00-23,50	13,9-13,9	74,4-76,3	4,3-6,2

Algunos de los parámetros fisicoquímicos que impactan en la calidad de una miel son:

- **Color**

El color de la miel varía desde extremadamente clara, pasando por tonos ámbar y llegando a ser casi negra. Esto se relaciona con el contenido de minerales, polen y compuestos volátiles que son responsables del aroma. Las mieles más oscuras tienen un mayor contenido de fenoles (que se oxidan

fácilmente dando el color oscuro), que le otorgan un mayor poder antioxidante [10].

La conductividad eléctrica, al estar relacionada con el contenido de minerales, indirectamente está también vinculada al color de la miel, ya que algunas sales minerales pueden contribuir con este parámetro.

- **Contenido de humedad**

La humedad de la miel es un importante factor de conservación.

Mieles con humedad superior al 18% corren riesgo de fermentación, sobre todo cuando comienza la cristalización y los azúcares solidificados por este proceso tienden a decantarse en el fondo de los envases, produciéndose una separación de fases. El contenido de humedad depende del manejo y del ambiente.

- **Contenido de sólidos insolubles en agua**

La determinación del contenido de sólidos se basa en el aumento de peso que experimenta un crisol poroso después de filtrar por él una cantidad conocida de miel disuelta en agua ligeramente alcalinizada. La reglamentación argentina establece niveles según el tipo de procesamiento que se realice sobre la miel. Así:

a) Mieles distintas de la miel prensada - no más de 0,1 g por cada 100 g de miel.

b) Miel prensada - no más de 0,5 g por cada 100 g de miel. Este tipo de miel se obtiene de comprimir los panales sin larvas.

- **Conductividad eléctrica:**

La miel contiene sales minerales, ácidos orgánicos y aminoácidos, los que contribuyen a esta propiedad. Sus valores se correlacionan con el contenido de minerales y su medición es equivalente a la cantidad de cenizas que se mide por calcinación y es uno de los parámetros de calidad recomendados en el estudio de mieles. Este parámetro se ha utilizado en el análisis botánico sobre el origen de la miel. Permite diferenciar mieles de néctar de mieles de mielada, aunque el intervalo de valores oscila entre 0,100 y 1,000 mS.cm<sup>-1</sup>.

La miel se clasifica en miel de flores (néctar de plantas) o miel de melaza (secreciones de partes vivas de plantas o excreciones de insectos chupadores de plantas) [11]. Las propiedades

antioxidantes y antibacterianas de la miel de melaza son más altas que las de la mayoría de las mieles de flores. La European Commission sugiere que esta propiedad de ser menor a 0,8 S.cm<sup>-1</sup> para la que se obtiene del néctar, mientras que debe ser > 0,8 S.cm<sup>-1</sup> para la miel de melaza.

Se han informado valores de esta propiedad para mieles de la región pampeana en la Provincia de Buenos Aires. Los valores presentan algunas divergencias, pero las mieles de *Eucalyptus* spp. oscilan en el orden de 0,5 a 0,8 mS.cm<sup>-1</sup>. No se encontraron diferencias significativas por provincia fitogeográfica. Para mieles de la provincia de Buenos Aires, las mieles de *Eucalyptus* spp. pueden presentar valores de conductividad eléctrica entre 0,6 a 0,8 mS.cm<sup>-1</sup>, constituyendo un parámetro que puede considerarse característico para las mieles de este origen floral. Por su parte, las mieles monoflorales europeas de *Eucalyptus* spp. presentan valores promedio del orden de 0,5 mS.cm<sup>-1</sup>. En otras mieles pueden presentarse fluctuaciones según el origen de la miel, por ejemplo, las mieles de *Medicago sativa* y *Melilotus albus* muestran valores del orden de 0,30 y 0,46 mS.cm<sup>-1</sup> [9].

- **Contenido de Hidroximetilfurfural (HMF)**

Es un indicador de calidad. Las mieles que se cosechan en Argentina, cuando son frescas, tienen apenas trazas de HMF, pero su contenido se eleva a valores del orden de 10 mg.kg<sup>-1</sup>, y aun hasta 40 mg.kg<sup>-1</sup> (límite permitido) en condiciones inapropiadas de conservación y sobrecalentamiento. Estudios previos en Argentina muestran que el contenido promedio de HMF varía según la región. Para mieles de alfalfa (*Medicago sativa*) se han hallado valores de HMF iguales a 8,0 mg.kg<sup>-1</sup> mientras que para mieles de *Eucalyptus*

spp.,  $2,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ , dentro de los límites que se listan en la Tabla 1 [9].

- **Contenido de polen. Análisis Polínico**

Las técnicas del análisis polínico no solo se emplean en mieles, sino en restos arqueológicos donde se detecten muestras de polen (*melisopalinología*).

El polen presente en la miel es transportado por las abejas hasta la colmena, por lo que el análisis polínico es útil para determinar el origen botánico y geográfico de las plantas visitadas. Es importante conocer la morfología de los granos para obtener buenos resultados y la presencia de polen contaminado. La aplicación

combinada de la microscopía óptica y electrónica de barrido son herramientas a las que se puede acceder para una mejor resolución de la morfología del polen y facilitar su identificación. En estos análisis, además de la identificación se requiere conocer el recuento de los granos de polen. El análisis polínico de mieles no es solamente una ciencia de laboratorio sino es muy útil en el conocimiento del origen botánico y geográfico de las plantas visitadas [10a, 10b]. En Argentina existen grupos de investigación de polen con amplia experiencia en universidades nacionales e institutos dependientes del CONICET. (Referencias 10c-d).



**Figura 2:** Distintos granos de polen obtenidos mediante microscopía electrónica de barrido. Se pueden apreciar las formas, tamaños y morfologías [10b]

- **Acidez**

La acidez de la miel no debe superar los 50 miliequivalentes de ácido por 1000 g.

La acidez natural de la miel proviene de los ácidos orgánicos presentes en ella. El principal ácido contenido en la miel es el glucónico, que se forma por acción de la enzima glucosa oxidasa, presente en la saliva de las abejas, sobre la glucosa. Otros ácidos orgánicos que contribuyen a la acidez de la miel son el málico, butírico, cítrico, tartárico, piroglutámico, maleico, succínico, fórmico y oxálico. En las mieles fermentadas la acción de las levaduras transforma los alcoholes en ácido

acético, produciendo un aumento de la acidez.

- **Cenizas**

Se basa en determinar el peso del residuo seco de la muestra, calcinada en la mufla a  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta peso constante y presencia de cenizas blancas.

El parámetro de contenido de sólidos insolubles es un indicativo de control higiénico de la miel de abeja, mientras que el contenido de cenizas es un criterio de calidad para evaluar el origen botánico de la miel, que actualmente suele reemplazarse por la conductividad eléctrica.

- **Índice de cristalización.**

Mide la tendencia a la cristalización y granulación de la miel. Depende del contenido de glucosa (G) y contenido de humedad (H), actividad de agua ( $a_w$ ), además de las relaciones

$$IT=(G/H)/(1-a_w)^n$$

donde (G) y (H) corresponden a la fracción de glucosa y humedad (g/100g), n es un factor adimensional, que depende del contenido de humedad, con valores de 1 si la humedad es superior a 17% y 2 cuando es inferior.

#### • Características termofísicas

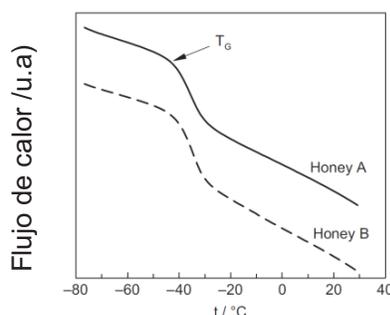
La miel conduce el calor, pero por sus características reológicas, lo hace de manera deficiente y lenta. Sus propiedades termofísicas, como su capacidad calorífica y conductividad térmica, están influenciadas por el

glucosa/humedad, fructosa/glucosa y glucosa-humedad/fructosa. Este índice se asocia al índice de Tabouret (IT) y se calcula mediante la expresión:

#### Ecuación 1

contenido de humedad, presencia o ausencia de constituyentes orgánicos, principalmente, de dextrinas, así como sólidos solubles totales, entre otros.

La temperatura de transición vítrea  $T_g$  es un parámetro que se emplea como criterio de calidad. Esta temperatura es característica de cada tipo de miel, pero en el caso de la miel pura se sitúa alrededor de  $-45\text{ }^\circ\text{C}$ . Este valor puede obtenerse a partir de medidas de calorimetría diferencial de barrido (Figura 2).



**Figura 2:** Perfil calorimétrico diferencial de barrido de mieles. Los termogramas A y B corresponden a dos grupos de mieles con diferentes porcentaje y actividad de agua  $a_w$ :  
**A** 17,37% de agua y  $a_w=0,593$ ; **B** con un 16,89% y  $a_w=0,579$  [12].

Esta información es muy útil para el procesamiento de alimentos que involucren calentamiento y enfriamiento.

Para la determinación de este parámetro se enfría en nitrógeno líquido hasta unos  $-100\text{ }^\circ\text{C}$  y luego se inicia el calentamiento, normalmente en un calorímetro y se registra el intervalo de temperatura a la cual se observa la variación que se esquematiza en la Figura 2.

$T_g$  es un parámetro importante para diferenciar a las mieles puras de las adulteradas que resultan del agregado de jarabes que aumentan la cantidad de miel (13).

La variabilidad de  $T_g$  está en función del contenido de humedad y de la fracción de azúcares.

#### • Poder Rotatorio Específico

Los principales azúcares de la miel, glucosa y fructosa, rotan el plano de polarización de la luz, en sentido

opuesto. La glucosa es dextrógira y la fructosa es levógira. Como la mayoría de las mieles de néctar tiene más fructosa que glucosa, estas mieles tienen rotación óptica negativa, que la diferencia de las mieles de mielada. Algunos autores han propuesto a esta medida como indicador cualitativo de la *monofloralidad* de la miel, al encontrar diferencias en los valores de acuerdo al origen botánico. Los valores de rotación específica informados en la bibliografía para  $[\alpha_D^{20}]$  obtenidos para mieles argentinas de *Eucalyptus* spp. varían entre  $-13,4^\circ$  y  $-8,3^\circ$ , mientras que para *Medicago sativa*, se midieron valores del orden de  $-18,1^\circ$ .

La rotación óptica suele ser utilizada para realizar diferenciaciones de las mieles de néctar, en general levógiras, de las mieles que se obtienen de mielada, que tienen un comportamiento dextrógiro.

- **Viscosidad de las mieles**

La miel es conocida por presentarse en estado líquido y sólido. En su comportamiento como líquido, su viscosidad, a temperatura ambiente, depende del contenido de agua, pudiendo variar desde unos 10 Pa.s ( $\approx 19\%$  en agua) hasta 61 Pa.s ( $\approx 14\%$  en agua). La unidad Pa.s indica pascuales-segundo.

Las propiedades reológicas de la miel están relacionadas con su naturaleza y composición. Los efectos de pseudoplasticidad en este tipo de productos, es propio de la adición de melazas y otros edulcorantes como agentes de suplantación y adulteración. La naturaleza compleja de la miel, en virtud del número de componentes que la constituyen y el estado termodinámico de no equilibrio de la misma, propicia cambios permanentes que son dependientes del tiempo que se reflejan en distintas propiedades, ya indicadas previamente.

- **Contaminación biológica**

Dado que la miel puede estar contaminada con la bacteria anaeróbica *Clostridium botulinum* que provoca el “botulismo”, conocida intoxicación por alimentos, **se debe evitar dar miel a los bebés menores de un año**. El botulismo es una enfermedad grave producida por la toxina botulínica. Ataca al sistema nervioso, provocando el bloqueo de la transmisión neuromuscular y la posible posterior parálisis de determinadas zonas. El niño puede empezar a manifestar dificultades para tragar, cansancio, debilidad. Pero además, esa parálisis que inicialmente afecta a los músculos que controlan la deglución, al final puede derivar en problemas respiratorios graves o incluso la muerte.

- **La producción de miel en Argentina y su impacto en la economía del país**

La apicultura es una de las tecnologías más antigua que reconoce la humanidad. Ha llegado hasta nuestros días incorporando nuevas tecnologías y a la vez sufriendo las consecuencias del desarrollo de la lucha contra las plagas que afectan a los cultivos y a la vegetación.

El apicultor no sólo debe ser poseedor del arte de conducir las abejas para obtener de ellas la máxima eficacia productiva, sino que además debe ser capaz de conservar íntegras las características del producto para ofrecerlo tal y como lo ha obtenido de las abejas. De esta manera, el objetivo final que debe perseguir el apicultor, es el de obtener un producto rentable que responda a las exigencias del mercado, pero a su vez, intentando que durante su manipulación mantenga sus características intrínsecas mínimamente alteradas.

La evolución de las técnicas en apicultura se refleja en las Figuras 4 y 5.



**Figura 4:** (a) Escenas de recolección de miel. Pintura rupestre hallada en la Cueva de la Araña (Valencia) [fuente: [www.pinterest.es](http://www.pinterest.es)]. (b) Recolección de miel en Nepal actual [[www.taringa.net](http://www.taringa.net)]. (c) Apiario actual.



**Figura 5:** *Izquierda*, recolección de miel en la región del sudoeste bonaerense. *Centro*, Preparación de colmenas en la misma región. *Derecha*, armado de colmena con dos reinas en la región del Salado, provincia de Buenos Aires.

### La producción de miel en Argentina

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) difunde regularmente informes elaborados y por el equipo técnico INTA-PROAPI, en los que se detalla la información sobre la situación de la producción de miel, estando actualizados los llamados precios de referencia hasta la primera quincena del mes de diciembre 2022 [14,15].

Según establece la RAE, este precio de referencia es el que toma el consumidor en consideración para compararlo con el precio observado. En general, comprende un intervalo de valores de referencia en el que no se hace distinción de la calidad de la miel y de la cantidad de operaciones realizadas en un intervalo de tiempo, por ejemplo, desde el informe del INTA de principios de 2022 (16).

A diciembre de 2022, los precios de la miel a granel oscilan entre 250 y 450 pesos variando de una región a otra en las que se divide la producción de miel, a saber, NOA (338 \$/kg), NEA (348

\$/kg), Cuyo (375 \$/kg) y Pampeana (372 \$/kg), no consignando datos de la región patagónica.

Los precios oscilan en función de si se comercializan mieles claras (400-450 \$/kg) o mieles oscuras (250 – 305 \$/kg), lo cual muchas veces está sujeto a la demanda de los acopiadores. Aunque no hay diferencias entre las calidades de ambos tipos de mieles, las claras suelen obtenerse hacia el verano y las oscuras a medida que avanza el año.

El Departamento de Agricultura de los EEUU (*USDA Honey Report*) describe que en el mes de setiembre de 2021, el precio de miel importada desde Argentina tuvo un promedio de US\$ 3434 por tonelada, oscilando entre 106.000 y 31.000 dólares por tonelada dependiendo del color de la miel, compradas entre los meses de enero y agosto de 2021, con un incremento del orden del 24% al 28% entre agosto de 2021 a agosto 2022, con un costo en los fletes de US\$ 99 a 268 en el mismo período (Fuente: Espacio Apícola).

En 2021, según CONINAGRO, Argentina se posicionó como segundo exportador a nivel mundial [17], generando del orden de 100.000 puestos de trabajo directos e indirectos; aun cuando hacen falta más de 50000 apicultores (agosto 2021). Por otro lado, el consumo doméstico de miel ronda los 200 gr. per cápita al año, mientras que en países como Japón, Estados Unidos o Alemania alcanza 1 kg por persona. Este patrón de consumo hace que cerca del 95% de la producción local se vuelque al mercado externo, por lo que la diferencia es la que se consume en Argentina.

Esta capacidad exportadora se ha mantenido en el tiempo, con fluctuaciones propias de las variaciones en las políticas económicas que caracterizan a la Argentina.

En 2017 eran activos unos 9000 productores y habían instaladas más de 2,3 millones de colmenas georreferenciadas (Fuente: Registro Nacional de Productores Apícolas, RENAPA). Durante 2017, las exportaciones argentinas alcanzaron a unas 70.000 toneladas por un valor de 183 millones de dólares.

En ese año, se exportaron 93 toneladas de miel fraccionada, 70.224 toneladas de miel a granel a lo que se sumaron 623 toneladas de cera, con un valor en (U\$S/tn) de 3956, 2602,5 y 7552 respectivamente. Estos valores muestran que el precio promedio por tonelada de la miel fraccionada es bastante mayor, aun cuando se exporte en menor cantidad, pero es menor, a nivel internacional, que lo pagado por la cera de abeja.

El comercio de material vivo, que incluye Reinas, ascendió a casi 22000 reinas por un costo medio de 13 U\$S/Reina. Los destinos de estas exportaciones, fueron principalmente EE.UU (48%) y Alemania (25%). El resto del volumen exportado se distribuyó entre Francia, Japón, España,

Arabia Saudita, etc. (Fuente: Flavia Vazquez, Horacio Castignani, Mercado Apícola, Ministerio de Agroindustria).

El **USDA Honey Report** de septiembre 2022 muestra un aumento de U\$S 291 por tonelada respecto al año anterior. Compraron en el período enero-agosto 27.464.174 kg por un valor total de U\$S 102.316.551, lo que arroja un promedio de U\$S 3725 por tonelada de miel. Fueron en total unas 3000 toneladas menos que las enviadas en el mismo período en 2021 (Espacio Apícola, 7 de octubre de 2022).

En el mercado local, las diferencias de costos en dólares que caracteriza a la economía argentina fueron absorbidas por la cadena de comercialización produciendo una caída en el precio de la miel pagado al productor en términos relativos, particularmente al momento de las importaciones de los insumos necesarios para su actividad.

Para acceder a la información completa, detallada regionalmente y, con mayor posibilidad de interacción y análisis de resultados visitar el “visualizador de precios de la miel” en el sitio

<http://inta.gob.ar/documentos/precios-de-la-miel>, así como a las vinculadas estrechamente con la actividad apícola, como por ejemplo: *Espacio apícola*.

### **Actividad antrópica y su impacto en la población de abejas.**

Las abejas son las grandes polinizadoras que garantizan un servicio esencial para el planeta tanto sobre la salud de los ecosistemas como las producciones agrícolas. Las abejas melíferas se encuentran entre las que incrementan hasta un 70-80 % la producción de hortalizas y frutas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), aproximadamente, en sus documentos plantea que dos terceras partes de las plantas cultivadas utilizadas en la alimentación de los

seres humanos dependen de la labor de estos insectos.

Sin embargo, las alteraciones del hábitat por la actividad, el empleo de herbicidas, muchas veces no controlado, así como las distintas facetas de las crecientes poblaciones y empleo inadecuado de los recursos naturales tienen impacto sobre la población de abejas y otros polinizadores, como las mariposas, en distintas regiones del planeta. En la literatura científica se plantea que el número de agentes polinizadores muestra una disminución que puede llegar a niveles alarmante.

A pesar de la creciente preocupación por la disminución de los polinizadores, de la evidencia de que se debe considerar un problema generalizado y de su efecto sobre comunidades enteras, el tema tiene un alcance limitado en los distintos niveles de los organismos públicos.

Estudios a nivel internacional realizados por distintos grupos de investigación dan cuenta de los cambios en distintas regiones del mundo, que señalan que la población de abejas como las de mariposas ha declinado, aún en los bosques que son regiones poco afectadas por la actividad antrópica. Investigaciones realizadas en regiones boscosas del sudeste de los EEUU, entre 2007 y 2022, mostraron una disminución tanto en especies de abejas (39%) como su abundancia (62,5%). Una tendencia similar se registró en la cantidad de mariposas, disminuyendo a casi un 58 % (17). A su vez, los estudios mostraron que estas disminuciones no estaban solamente limitadas a la actividad del hombre, sino que un factor importante era el aumento de las temperaturas mínimas anuales en las zonas donde se desarrollaron los estudios en ese período de 15 años. No habría un único factor, pues estos estarían vinculados a deforestación, enfermedades, pesticidas, las variedades

transgénicas, el cambio climático (principalmente la temperatura).

En EEUU, durante 2017, se perdió el 40% de las colmenas, en Europa este número alcanzó al 53% de la capacidad instalada. En ese mismo año, en Argentina fue del 40%.

Durante 2018, en la provincia de Córdoba, se registró la muerte de 72 millones de abejas, arrojando una pérdida del orden de \$1280 millones de pesos. Esta situación fue estudiada por los técnicos del SENASA de Villa Dolores, llegando a la conclusión preliminar sobre elevados niveles de Coumafos, Fipronil y su metabolito Fipronil Sulfona [19] en las muestras analizadas. No obstante, no se pudo establecer fehacientemente que alguna de estas sustancias haya causado la muerte de las colmenas. La evaluación afirma además que *“con estos elementos es pertinente sostener la conjetura que relaciona a este evento de despoblamiento masivo y agudo con una posible intoxicación de las colonias, producto de una exposición a plaguicidas”*.

En general, Argentina es el quinto país de Latinoamérica en mortandad de abejas, con un promedio anual del 34% de colmenas.

Los plaguicidas, por su parte, presentan efectos adversos sobre las abejas que dependen de las dosis empleadas en estos estudios.

El efecto de los plaguicidas sobre las abejas es un tema de investigación muy actual (20). Un listado de trabajos de investigación desde la década de 1970 hasta 2020 puede ubicarse en la recopilación de los agrotóxicos de las abejas [21].

El aumento en el uso de plaguicidas, asociado al incremento de la producción agrícola, no solo impacta en la población de las abejas sino en la contaminación de las mieles y, como consecuencia de las variaciones

transgénicas, a la aparición de polen transgénico en mieles.

En la literatura existen trabajos de investigación relacionados con el empleo de las abejas como bioindicadores del nivel de contaminantes en el ambiente, cambio climático y la presencia de agentes patógenos [22].

Ante la presencia de un contaminante o de un factor ambiental estresante, hay una diferencia entre la respuesta de una abeja melífera por un lado y una colonia por el otro. Mientras que la abeja individual es vulnerable a esos efectos, la colonia es más resistente y puede acumular contaminantes o responder a ellos sin colapsar.

El monitoreo a largo plazo de las colonias puede servir para estudiar a los contaminantes en un área geográfica y evaluar los gradientes de ecotoxicología en el espacio y el tiempo.

Este biomonitoreo puede aplicarse para determinar la presencia de metales pesados, contaminantes del aire, los pesticidas, contaminantes emergentes y los patógenos de las plantas que se pueden detectar en las abejas y los materiales de sus colmenas, incluida la miel, la cera y el polen almacenado, cuyo análisis puede revelar la presencia de virus de plantas, hongos y especies invasoras antes que los métodos de detección tradicionales.

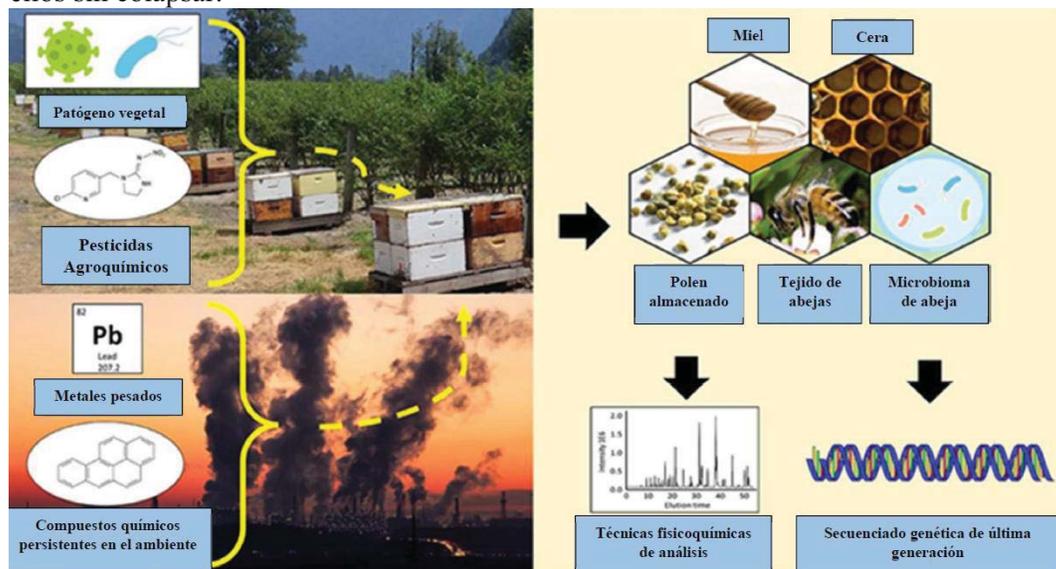


Figura 6: Empleo de las abejas como biomarcadores ambientales [Tomado de la referencia 22].

Finalmente, es posible emplear a las abejas melíferas para monitorear amenazas emergentes como el cambio climático y la resistencia a los compuestos antimicrobianos, destacando la versatilidad y la utilidad potencial de la abeja melífera europea como especie de biomonitoreo para la salud del ecosistema.

### Conclusión

La actividad apícola es una fuente de riqueza, que beneficia al país desde distintos ángulos. Posiciona a Argentina en la lista de los primeros productores a nivel mundial; sus mieles gozan del aprecio internacional. La polinización es fundamental para la actividad agropecuaria, así como el empleo de otros productos como: cera, propóleos, jalea real y polen.

Algunos de ellos son consumidos como complementos nutricionales o por sus propiedades medicinales y farmacéuticos.

En general, la biodiversidad y la baja densidad de población brinda a Argentina condiciones óptimas para la producción de mieles libres de contaminantes debido al buen criterio y el trabajo de los apicultores.

Estas mieles presentan características diferenciales y variantes en función del ambiente y/o la región donde se produce.

Las abejas y la miel han acompañado al hombre a lo largo de la historia. La utilizaron los hombres prehistóricos, su conocimiento se transmitió y enriqueció en las primeras civilizaciones, así como los egipcios, los griegos, y en nuestro continente, los mayas y aztecas fueron capaces de explotar la abeja sin agujijón o abeja melipona, que llegó hasta nuestros días gracias al trabajo de los herederos de estas culturas.

Como expresaban los habitantes prehispánicos, la miel era considerada como el “alimento del fuego”, ya que daba calor y energía. Las sociedades actuales continúan valorando este producto natural y de alto beneficio en distintos campos de tecnología y de la salud.

## Bibliografía

- (1) Global Patterns and Drivers of Bee Distribution, M. C. Orr, A. C. Hughes, D. Chesters, J. Pickering, C-Dong Zhu, J. S. Ascher, *Current Biology*, (2020), **31**, &2451–458.
- (2) <https://es.wikipedia.org/wiki/Eusociabilidad>.
- (3) <https://www.argentina.gob.ar/senasa/programas-sanitarios/cadenaanimal/abejas/abejas-industria/miel>.
- (4) Roffet-Salque, M., Regert, M., Evershed, R. *et al. Widespread exploitation of the honeybee by early Neolithic farmers. Nature* (2015) **527**, 226–230. <https://doi.org/10.1038/nature15757>.
- (5) V. Rao Pasupuleti, L. Sannugam, N. Ramesh and S. H. Gan, *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2017**, Article ID 1259510, <https://doi.org/10.1155/2017/1259510>.
- (6) <https://es.wikipedia.org/wiki/Miel>.
- (7) C. R. Salgado Laurenti, G. A. Fagundez, A. Basilio, *Guía para la caracterización de mieles argentinas*, Ministerio de la Producción. INTA. Buenos Aires. Argentina, ISBN: 978-987-47099-2-9, Julio 2020.
- (8) O. Apablaza, A.M. Basilio, M.C. Ciappini, G.A. Fagundez, M.C. Gaggiotti, A. Gutiérrez, C. R. Salgado & J. Winter, *Guía para la caracterización de mieles argentinas*, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. Secretaría de Alimentos y Bioeconomía, Ed., 2019.
- (9) M. C. Ciappini, M. B. Gatti, M. V. Di Vito, J. Baer, M. Bellabarba, N. Erviti, A. Rivero, J. M. Sklate Boja, *Mieles de la provincia de Santa Fe (Argentina) determinación palinológica, sensorial y fisicoquímica, según provincias fitogeográficas. Segunda parte*. Invenio, 2009, **12**, 143-150.
- (10) (a) [https://magyp.gob.ar/apicultura/info\\_consumidor.php](https://magyp.gob.ar/apicultura/info_consumidor.php).  
(b) [<https://dateriles.blogspot.com/2011/04/micrografias-de-polen.html>].  
(c) M. A. Mecchia, G. Santos-Fernandez, N. N. Duss, S. C. Somoza, A. Boisson-Dernier, V. Gagliardini, A. Martínez-Bernardini, T. Ndinyanka Fabrice, C. Ringli, J. P. Muschiatti, U-Grossniklaus, *RALF4/19 peptides*

- interact with LRX proteins to control pollen tube growth in Arabidopsis*, *Science*, 2017, 358, 1596-1600. (d) M.A. Tamamé, *Estudio de la composición, disponibilidad y calidad de los recursos apícolas del noroeste de La Pampa, Provincia Fitogeográfica del Monte (República Argentina)*, Tesis. UNLP, 2011, accesible en el repositorio sedici.unlp.edu.ar.
- (11) C. Pita-Calvo, M. Vázquez, Differences between honeydew and blossom honeys: A review. *Trends in Food Science & Technology* 2017, **69**, 79-87.
- (12) D. Gómez-Díaz, J. M. Navaza & L. C. Quintáns-Riveiro, Effect of temperature on the viscosity of honey. *International Journal of Food Properties*, 2009, **12**, 396–404.
- (13) Maribel Quelal Vásconez, *Detección de mieles adulteradas con jarabe mediante análisis de parámetros de calidad y datos procedentes de sensores voltamétricos en lenguas electrónicas*. Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia, 2017.
- (14) <https://opcionrural.com.ar/2022/12/24/miel-precios-al-productor-diciembre-de-2022/>
- (15) R. Diaz, (2005) *Precios de referencia: un esquema de análisis para comprender el comportamiento de los consumidores frente a los precios*. <http://archives.marketing-trends-congress.com/2005/Materiali/Paper/Fr/Rosa%20Diaz.pdf>.
- (16) <https://ruralnet.com.ar/2022/02/12/miel-precios-al-productor-en-enero-2022/>.
- (17) <https://www.infozona.com.ar/argentina-exportacion-de-miel/>.
- (18) M. Ulyshen, S. Hornn, *Declines of bees and butterflies over 15 years in a forested landscape*, *Current Biology*, 2023, **33**, 1–5.
- (19) <https://www.argentina.gob.ar/se-nasa/informe-sobre-la-mortandad-de-abejas-en-cordoba>.
- (20) H. Siviter, E. J. Bailes, C. D. Martin, T. R. Oliver, J. Koricheva, E. Leadbeater & M- J. F. Brown, *Agrochemicals interact synergistically to increase bee mortality*. *Nature* 2021, **596**, 389–392.
- (21) E.M. Rossi, L. Melgarejo, M. Mendonça Oliveira de Souza, G. Ferrer, D. O. Talga, R. De Oliveira Barcelos, F. Cabaleiro, “*Abejas & Agrotóxicos: Recopilación sobre las evidencias científicas de los impactos de los agrotóxicos en las Abejas*” – Petición ante la Relatoría DESCA de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos. (En Español). 29 de mayo de 2020.
- (22) M. M. Cunningham, L. Tran, C. G. McKee, R. Ortega Polo, T. Newman, L. Lansing, J. S. Griffiths, G. J. Bilodeau, M. Rott, M. M. Guarna, *Honey bees as biomonitors of environmental contaminants, pathogens, and climate change*, *Ecological Indicators*, 2022, **134**, 108457

### Lecturas sugeridas

C. Mayack, A. Macherone, A. Ghaffari Zaki, E. Filiztekin, B. Özkazanç, Yasameen Koperly, Sassicaia J. Schick, E. J. Eppley, M. Deb , N. Ambiel, A. M. Schafsnitz, R L. Broadrup, *Environmental exposures associated with honey bee health*, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131948>.

## ELEMENTALIDAD

Huner Fanchiotti y Carlos A. García Canal  
Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas  
Universidad Nacional de La Plata, Instituto de Física La Plata, IFLP (CCT-La Plata,  
CONICET, UNLP)  
C.C. 67 - 1900 La Plata, Argentina  
E-mail: <hunerfacultad@gmail.com>

### Introducción

*ELEMENTAL*: Fundamental, primordial, fácil de entender, evidente.

Aún cuando las definiciones de diccionario son en general imprecisas para la Física, la Real Academia Española de la Lengua provee una primera y justa impresión de lo que entendemos por elementalidad en nuestra descripción científica de la Naturaleza.

La elementalidad es el objeto de la Física de Partículas Elementales que pretende una descripción de la estructura básica de la materia y la elucidación de las leyes últimas de la Naturaleza. Por esta razón podemos decir, aunque parezca exagerado, que subyace a todas las ciencias naturales. Si bien esta situación no le da preminencia jerárquica, propone un claro desafío y su historia es la del progreso hacia aquel objetivo preciso y único. El camino que se ha seguido, como lo expresaba claramente Dirac, es el de la eliminación sucesiva de prejuicios. En este esquema vamos a presentar la evolución del concepto de elementalidad en la descripción de los objetos básicos de la Naturaleza.

La materia se presenta a nuestra observación con diferentes calidades, formas, tamaños, etc. En caso contrario nuestro mundo sería realmente monótono. Sin embargo, si realizamos un análisis más detallado del mundo material, rápidamente encontraremos calidades recurrentes en todos ellos.

La caracterización de estas cualidades depende fuertemente de la profundidad de la observación, hasta qué mínimas escalas hemos conseguido explorar. Este comentario está en el origen del concepto (o idea) de partícula elemental. Consecuentemente, esta idea está en continua evolución.

Cada vez que conseguimos explorar dimensiones menores dentro de la materia, estamos evolucionando en el camino de la elementalidad. De esta manera esperamos obtener una comprensión más simple y mejor de la estructura primordial de todo, incluidos los seres vivos.

### Aspectos históricos, semánticos y formales

Comenzamos yendo hacia atrás en el tiempo hasta Leucipo y Demócrito (VI y V a.C.) y sus ideas de átomos indivisibles constituyendo la calidad recurrente final de la materia. Vale la pena recordar que estos pensadores fueron los primeros materialistas ya que excluyeron a los dioses al explicar el universo. De acuerdo a esta visión atomística, el principio de todo se debe al vacío y a átomos eternos y no divisibles cuyas propiedades serían el tamaño, la forma y el movimiento.

En una posición alternativa se encontraba Anaxágoras (V a.C.) que pensaba que los materiales en último análisis estaban formados por semillas a su vez infinitamente divisibles en semillas. Por su parte Epicuro (III a.C.) hablaba de *partes mínimas confinadas permanentemente*. Aunque parezca

extraño, esta es una terminología contemporánea ya que el confinamiento de *quarks* y *gluones* (partículas y mediadores que más adelante se explicarán) es una propiedad central de la teoría de las interacciones fuertes. También debemos citar a Anaximandro (VI a.C.), Pitágoras (VI a.C.) y Platón (IV a.C.) que tenían la preocupación de expresar aquello que subyace a toda la materia en términos de números y simetrías. Nuevamente aparece un contacto con la actualidad ya que entendemos a las interacciones entre partículas elementales en términos de consideraciones de simetría que dan origen a las teorías llamadas de gauge. También mencionamos a Newton que se refería al concepto de elementalidad en términos de dureza incomparable, tratando de dar la idea de una final indivisibilidad. En cualquier caso, esta preocupación sobre la constitución final de la materia está todavía con nosotros.

Desde un punto de vista formal podemos preguntarnos qué es lo que imaginamos cuando hablamos de partículas. Si nos referimos a la noción clásica, que se relaciona con nuestra cotidianidad, una partícula es una entidad cuyas dimensiones son despreciables en comparación con el resto de las dimensiones en juego en el problema en cuestión. Es un objeto - físicamente - puntual que puede caracterizarse por su masa y su estado queda determinado por su posición y su velocidad simultáneamente conocidas. Esta información nos permite predecir, a través del formalismo de la mecánica clásica (de Newton) su posición y velocidad en un tiempo posterior si sabemos a qué fuerzas está sometida. La bien conocida ecuación dinámica que rige el movimiento

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

es una ecuación diferencial de segundo

orden que relaciona la fuerza  $\vec{F}$  que actúa sobre la partícula con la aceleración  $\vec{a}$  que adquiere medida en la escala que fija su masa  $m$ . Esta ecuación tiene una solución única que provee la posición y la velocidad en cualquier tiempo posterior siempre que se conozca la posición y la velocidad de manera simultánea al tiempo inicial. Consecuentemente, la partícula clásica puede ser individualizada y seguida en su trayectoria espacio-temporal. Como dijimos, esta es la imagen que nos imponen nuestros prejuicios cotidianos y que podríamos llamar prejuicio clásico.

Cuando llegamos al mundo cuántico, el mundo de moléculas y átomos, a la escala del Ångström ( $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$ ), se presenta el dilema de definir, *usando nuestro lenguaje de diseño macroscópico*, cuáles son los objetos cuánticos básicos. El Principio de Incerteza de Heisenberg, fundamento de la Mecánica Cuántica, explicita que la posición y la velocidad de un objeto cuántico no pueden ser conocidas de manera exacta en el mismo tiempo, simultáneamente. Más precisamente, las incertezas en el conocimiento simultáneo de posición ( $\Delta x$ ) y de momento ( $\Delta p = \Delta(mv)$ ) verifican la desigualdad

$$\Delta x \Delta p = \hbar \quad \text{con} \quad (\hbar = h/2\pi)$$

con la constante de Planck  $h$  definiendo la escala a la cual las incertezas son protagonistas. La escala a la cual hay incompatibilidad en la medida simultánea exacta de posición y velocidad está presente. La descripción dinámica de los objetos cuánticos se hace en términos de la teoría ondulatoria de Schrödinger. En esta descripción, toda la información acerca de un objeto cuántico está contenida en la solución, llamada  $\psi(x, y, z, t)$ , de la ecuación de Schrödinger que caracteriza al sistema físico bajo consideración y que

sólo depende de las coordenadas espaciales y del tiempo. Esta ecuación, para una “partícula” cuántica, escrita por simplicidad en solo una dimensión

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \psi(x, t) + V(x)\psi(x, t) = i\hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t}$$

Aquí,  $V(x)$  representa a la energía potencial correspondiente al campo de fuerzas al que está sometido el objeto cuántico. Por ejemplo, un potencial de Coulomb que siente el electrón debido al núcleo (el protón) en el caso de un átomo de hidrógeno. La solución de esta ecuación provee, en particular, información probabilística acerca de la posición de la partícula. De hecho  $|\psi(x,t)|^2$  representa la densidad de probabilidad de presencia de la partícula en el entorno de la posición  $x$  a un dado tiempo  $t$ .

Remarquemos la diferencia de descripción clásica en términos de la ecuación de Newton que nos informa sobre la trayectoria única de la partícula clásica con la descripción cuántica de Schrödinger que provee sólo probabilidades de presencia. Este es el efecto del Principio de Incerteza. El remanido concepto de la *dualidad onda-partícula* está presente en la descripción cuántica. En algún sentido, esta dualidad solo expresa nuestra intranquilidad o desasosiego claramente condicionado por un prejuicio: ¿Los objetos cuánticos, son ondas o son partículas, en el sentido cotidiano de esas palabras? La respuesta es que no son ni ondas ni partículas. Podríamos introducir un nuevo término para designarlos. Por ejemplo, *partinda* u *ondícula* que resultan cacofónicos y por otra parte no ayudan a comprender el fenómeno. Hay entonces una dificultad hasta semántica con la palabra partícula a la escala cuántica.

Nuestra conceptualización de las cosas que nos rodean nos ha conducido a

espacial  $x$  luce

mantener esta palabra partícula para nombrar a los objetos cuánticos básicos aun cuando tenemos presente que ellos no son partículas en sentido estricto. Entre 1924 y 1926 hubo una eclosión en el desarrollo de la teoría atómica ya que fue estructurada coherentemente en el marco de la Mecánica Cuántica.

La teoría fue capaz de dar cuenta de la estabilidad de la materia y de la identidad de los átomos de un dado elemento químico. Más aun, sobre la base de la mecánica de los átomos entendemos los detalles de la materia condensada, la interacción entre materia y radiación, la superconductividad, el magnetismo de la materia y todavía más: el próximo paso en la elementalidad que contiene los constituyentes atómicos y los de las partículas que forman los núcleos. En este punto debemos mencionar la conexión entre la Teoría de la Relatividad y la Mecánica Cuántica ya que de allí surge el concepto de antipartícula. Este rótulo hace aparecer nuevamente un abuso de lenguaje. La bien conocida ecuación de la Relatividad

$$E = mc^2$$

debería leerse diciendo que la energía se puede manifestar como materia más antimateria. En efecto, en la ecuación aparece la energía  $E$  que no tiene rótulos como por ejemplo carga eléctrica de un dado signo o cualquier otro, mientras que la materia tiene rótulos provenientes de sus cargas eléctricas y otros relacionados con el resto de las interacciones de la Naturaleza. Cada vez que vemos a la

energía en su versión materia, deben aparecer objetos con un dado rótulo y objetos con el rótulo opuesto, a fin de que el signo igual de la ecuación sea respetado.

Las partículas con rótulos opuestos son llamadas antipartículas.

Consecuentemente, los requerimientos simultáneos de la Relatividad y la Mecánica Cuántica imponen la presencia en la Naturaleza de nuevos entes similares a las partículas cuánticas con casi todos sus atributos iguales, excepto los rótulos correspondientes a sus cargas (eléctrica y las demás como los números bariónico y leptónico). Por ejemplo, asociado al electrón existe el antielectrón que se llama positrón. Por lo tanto, frente a cada partícula cuántica se tiene su antipartícula, excepto en los casos en que ambas coinciden como es el pion neutro y del fotón (no tienen cargas).

En los 60 del siglo pasado, las partículas elementales comprendían tres categorías: leptones (como son el electrón, el neutrino de electrón, el muon y el neutrino de muon); hadrones, que sufren las interacciones nucleares fuertes, subdivididos en bariones (neutrón, protón, delta) y mesones (pion, kaón, ro, omega) y finalmente el fotón, mediador de las interacciones electromagnéticas.

Debemos remarcar que con esas partículas mencionadas se construye toda la materia que nos rodea, incluyendo a nosotros mismos.

### Elemental hoy

Actualmente sabemos que los hadrones (bariones y mesones) que hasta los 60 se pensaban como verdaderamente elementales, no lo son ya que hay

evidencia experimental de que poseen estructura interna. Es decir, recientemente se ha podido dar un paso más en la evolución del concepto de elementalidad. Algo equivalente a cuando se descubrió que las moléculas están constituidas por átomos. Hoy tenemos conocimiento cierto de que existen componentes de los hadrones, genéricamente llamados *partones* y que son los quarks y los gluones. Estos últimos son los que median la interacción entre aquellos. Para mejor conceptualizar estas partículas elementales, necesitamos nuevamente desprendernos de prejuicios.

En primer lugar, debemos dejar de lado el supuesto que nos hace pensar que una partícula puede aislarse de su medio. Que, en el caso de poseer carga eléctrica, por ejemplo, puede manifestarse en un experimento tipo Millikan. Se necesita adscribir a estos nuevos objetos cuánticos el concepto de confinamiento (recordemos a Epicuro).

En efecto, a este nivel de elementalidad existen las fuerzas fuertes propiamente dichas entre quarks que no permiten la disociación de los hadrones en sus partes. Los *partones* no pueden ser separados a distancias macroscópicas. Dicho de manera un poco más técnica: no existen estados libres (asintóticos) de quarks ni de gluones. Recordando a Homero, podríamos decir que los constituyentes de los hadrones son “*calipsones*”.

Luego de este prólogo y antes del drama en si mismo que generarán las interacciones, presentamos los personajes. Las partículas elementales hoy se resumen en la Tabla 1:

**Tabla 1:** Partículas elementales presentadas, su naturaleza y sus propiedades

## BOSONES (Espín= 1)

INTERACCION	NOMBRE	SIMBOLO	MASA	CARGA ELECTRICA
FUERTE	Gluones	$g$	0	0
DEBIL	Bosón-W	$W^+$	$80.4 GeV$	+1
		$W^-$	$80.4 GeV$	-1
	Bosón-Z	$Z^0$	$91.19 GeV$	0
ELECTROMAGNETICA	Fotón	$\gamma$	0	0

## FERMIIONES (Espín= 1/2)

		NAOMBRE	SIMBOLO	MASA	CARGA ELECTRICA
L E P T O N E S	PRIMERA	Neutrino Electrón	$\nu_e$	$< 460 eV$	0
	FAMILIA	Electrón	$e$	$0.00051 GeV$	-1
	SEGUNDA	Neutrino Muón	$\nu_\mu$	$< 0.19 MeV$	0
	FAMILIA	Muón	$\mu$	$0.106 GeV$	-1
	TERCERA	Neutrino Tau	$\nu_\tau$	$< 18.2 MeV$	0
	FAMILIA	Tau	$\tau$	$1.784 GeV$	-1

		NOMBRE	SIMBOLO	MASA	CARGA ELECTRICA
Q U	PRIMERA	Up	<i>u</i>	0.004 GeV	+2/3
	FAMILIA	Down	<i>d</i>	0.007 GeV	-1/3
A R	SEGUNDA	Charm	<i>c</i>	1.5 GeV	+2/3
	FAMILIA	Strange	<i>s</i>	0.15 GeV	-1/3
S K	TERCERA	Top	<i>t</i>	174.3 GeV	+2/3
	FAMILIA	Bottom	<i>b</i>	4 GeV	-1/3

Los fermiones son los ladrillos básicos de la materia. Con ellos y las correspondientes interacciones se pueden armar los nucleones, los núcleos atómicos, los átomos, las moléculas, ... Todos ellos poseen espín 1/2. Esta propiedad cuántica se relaciona con el momento magnético intrínseco de una partícula que a su vez puede ponerse en términos de un momento angular intrínseco, el espín. Tiene valor sementero para los fermiones y entero para los bosones. Esta situación los fuerza a satisfacer precisas propiedades estadísticas llamadas de Fermi-Dirac. De allí su nombre de fermiones. Ellos verifican el Principio de Exclusión de Pauli que establece que dos fermiones idénticos no pueden ocupar simultáneamente el mismo estado cuántico. Esta propiedad, aplicada a los electrones atómicos, permite entender la Tabla Periódica de los Elementos de Mendeléyev. Los fermiones han sido agrupados por generaciones o familias que han ido apareciendo sucesivamente con propiedades similares, aunque masas

crecientes y otros rótulos distinguibles. La primera generación o familia es la base de toda la materia que nos rodea a nuestra escala.

Los neutrinos son probablemente los elementos básicos que más llaman la atención, ya que sólo participan de la interacción débil, son eléctricamente neutros y de masa casi despreciable.

El resto de los personajes termiónicos son los quarks. Los quarks de tipo *u* y *d* probablemente son suficientes para formar protones y neutrones y consecuentemente los núcleos atómicos.

Bajo condiciones muy especiales en los laboratorios se obtiene información sobre la presencia de las otras familias de quarks. La solución de diferentes problemas experimentales y teóricos demandaron la presencia de un nuevo rótulo para los quarks (un nuevo número cuántico) que distingue tres tipos dentro de cada "*sabor*". Cada sabor de quarks entonces puede tener uno de los tres valores posibles de esta nueva cualidad que se llama "*color*". Ciertamente

estas cualidades de sabor y color no tienen nada que ver con lo que detectan nuestros sentidos, es sólo un abuso de lenguaje.

### Interacciones y simetrías fundamentales

Nos interesamos ahora en los bosones mediadores de las interacciones. El fotón,  $\gamma$ , sin masa y sin carga eléctrica es el portador de la interacción electromagnética. Los bosones  $W^\pm$  y  $Z$  son los que median la interacción débil. Son muy masivos (del orden de 80 y 90 veces la masa del protón respectivamente). Finalmente, los ocho gluones,  $g$ , llevan la fuerza fuerte. Ellos poseen masa nula y son eléctricamente neutros. Sin embargo poseen carga fuerte de color y por ello interactúan fuertemente entre ellos.

Todos los mediadores son bosones ya que poseen espín 1 y por ello verifican propiedades estadísticas de Bose-Einstein. Por consiguiente, a diferencia de los fermiones, se pueden apilar en un mismo estado cuántico. Debemos remarcar que la presencia en la Física de estos bosones mediadores indica que hoy entendemos a las fuerzas fundamentales transportadas por partículas cuánticas. La presencia de estos bosones garantiza la verificación de una simetría interna muy precisa en la teoría que se llama simetría de gauge. Por, ellos son llamados bosones de gauge. En otras palabras, la validez de precisas operaciones de simetría en la estructura formal de la teoría, impone la presencia de esos mediadores de las interacciones. La simetría impone las fuerzas entre los componentes últimos de la materia. Reapareció Pitágoras...

Es importante destacar, nuevamente, que sólo los bosones de la interacción débil adquieren masa a fin de garantizar el corto alcance de esta fuerza. El resto de las fuerzas son de largo alcance y por ello los fotones y gluones deben permanecer sin masa. La masa del mediador es

inversamente proporcional al rango de las fuerzas.

La propiedad de los gluones de poseer carga de color y poder interactuar entre ellos da lugar a un comportamiento particular en el caso de las fuerzas fuertes. Esta fuerza disminuye a medida que los quarks están más cerca y aumenta con la distancia entre ellos, dando lugar al confinamiento que ya hemos comentado. *La fuerza nuclear entre protones y neutrones es una fuerza efectiva residual de la fuerza fuerte entre quarks.* Es interesante recordar que esta fuerza nuclear fue descrita por Yukawa en términos del intercambio de un mediador. El mesón llamado pion es ese mediador efectivo. Un mecanismo equivalente existe entre moléculas neutras conocida como fuerzas de Van der Waals.

### Un poco más de formalismo

El formalismo, en conexión con las partículas fundamentales y sus interacciones ha conducido, unificado y nutrido nuestras ideas y nuestra comprensión del trabajo de la Naturaleza. Trataremos de presentar de manera simple un análisis más formal de las estructuras teóricas que subyacen a la descripción de la *elementalidad hoy*. Estas estructuras conforman lo que se denomina Modelo Estándar de las partículas y sus interacciones. El marco de referencia para su desarrollo es la simetría. La simetría que alguna vez se restringía a una necesidad estética se ha tornado en la base de la comprensión presente de las fuerzas fundamentales de la Naturaleza. El proceso implica un formalismo cuyo desarrollo trasciende a esta presentación, pero debido a su importancia capital en la Física de hoy, merece al menos un párrafo.

La formalización de las interacciones fundamentales pasa por la llamada Teoría Cuántica de Campos de Gauge donde las interacciones surgen como una necesidad

para preservar una simetría precisa que es la llamada de gauge. En algún sentido, se podría comparar con la compulsión que nos ataca a fin de enderezar un cuadro que está colgado torcido y preservar así la simetría axial.

Las simetrías físicas tienen que ver con las leyes de la Naturaleza. Implican que cuando se realiza una operación sobre la representación formal de una ley Física no se producen alteraciones, no se percibe ningún cambio. Puede ser una modificación protocolizada de las variables dinámicas y/o de las coordenadas espacio-temporales. *Si la simetría es respetada significa que las ecuaciones que describen la ley en cuestión mantienen su forma inalterada cuando expresadas en las nuevas variables y/o coordenadas.* Esta propiedad se denomina **covariancia**. El conjunto de transformaciones de simetría forma la estructura matemática de grupo.

El análisis teórico de las simetrías físicas comienza por clasificarlas en espacio-temporales por un lado e internas por otro. Las primeras corresponden a transformaciones que operan sobre las coordenadas de espacio-tiempo, es decir, a diferentes situaciones de observación. Las internas por otra parte afectan a las variables dinámicas o los operadores implicando diferentes cualidades de los observables. Si en este último caso no hay intervención de espacio-tiempo, se trata de simetrías internas globales.

Cuando existe una conexión entre los parámetros que caracterizan la simetría interna con las coordenadas estamos en presencia del caso local y esa simetría es llamada de gauge. En este caso, en cualquier lugar y en cualquier instante se permite un cambio protocolizado de las variables dinámicas.

Esta simetría de gauge juega un papel protagónico en la descripción de las interacciones fundamentales a nivel microscópico. Cuando se exige una simetría interna local, simetría de gauge, es absolutamente necesario introducir un nuevo ingrediente en la teoría que sea capaz de compensar los cambios producidos por la transformación interna local. Estos nuevos ingredientes son los campos de gauge que son portadores de las interacciones. Las propiedades de estos campos serán dependientes del grupo matemático de simetría que se imponga.

En resumen, las interacciones fundamentales: electromagnética, débil y fuerte, se corresponden con grupos de simetría de gauge y se deben a los campos de gauge que las transportan que deben estar presente para garantizar esas simetrías.

### Posdata

Como corolario podemos afirmar que hoy el estudio de las partículas elementales y sus interacciones es el estudio de las Simetrías Fundamentales. De hecho, tanto las partículas materiales como sus interacciones son formalmente tratadas en términos de teorías que incluyen la simetría de gauge y se escriben en función de campos cuánticos cuyas excitaciones son los fermiones y bosones previamente introducidos.

La “*commedia e finita*” pero solo temporariamente...Continuará. Aquellos que llegaron con su lectura hasta aquí y se asombraron, merecen un elogio en términos de palabras de Platón: El estado de asombro es precisamente una característica del filósofo ya que es en este estado donde la filosofía comienza (Teeteto, 115d).

ARTÍCULOS  
TÉCNICOS

## BUENAS PRÁCTICAS EN VISUALIZACIÓN DE DATOS

M. Victoria Fasano<sup>1,\*</sup> y Nadia L. Kudraszow<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Matemática de La Plata (CMA LP), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, 47 y 115, (1900) La Plata, Argentina; <sup>2</sup> CONICET, La Plata, Argentina.

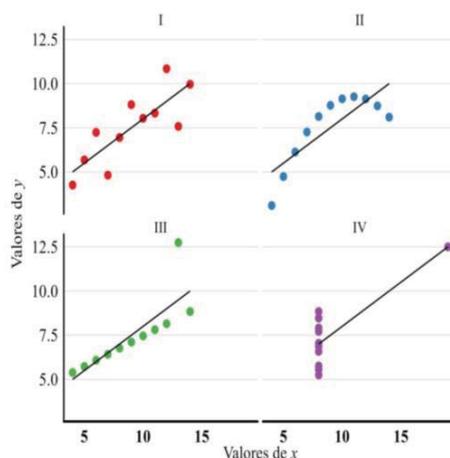
E-mail: vicky@mate.unlp.edu.ar

**RESUMEN:** Las gráficas nos permiten descubrir y comunicar la información contenida en nuestros datos. En este artículo realizaremos un recorrido por las prácticas más comunes de visualización que no favorecen a un correcto análisis de los datos y se proporcionarán consejos y técnicas para una efectiva exploración de los mismos.

### INTRODUCCIÓN:

Impulsada en parte por los avances tecnológicos las técnicas de visualización de datos avanzaron significativamente en las últimas décadas y estas se han convertido en un campo de estudio creciente. El libro de Tufte “The Visual Display of Quantitative Information” [1] es uno de los trabajos de referencia sobre principios, métodos y conceptos claves al visualizar datos, y sus secuelas también son muy leídas [2,3]. Hay una amplia variedad de libros que brindan buenos consejos sobre cómo graficar datos en diferentes circunstancias, ver por ejemplo [4 - 8].

Las visualizaciones son herramientas fundamentales para quienes trabajan con datos, no sólo porque facilitan a otras personas el acceso a la información que contienen los datos sino también para conocer mejor la estructura o características de los mismos. Muchas veces observar gráficamente los datos puede darnos información no provista por las cantidades matemáticas frecuentemente informadas. Un claro ejemplo de este fenómeno puede observarse en el cuarteto de Anscombe [9] formado por cuatro conjuntos de datos ficticios de dos variables,  $x$  e  $y$ , cada uno con once observaciones. Estos conjuntos fueron construidos de manera tal que cada variable presente el mismo promedio y desvío muestral en los cuatro conjuntos. Además, en cada conjunto el coeficiente de correlación de los datos es 0,82 y la recta de regresión lineal ajustada resulta la misma en todos los casos.



**Figura 1:** Los cuatro conjuntos de datos del Cuarteto de Anscombe presentan las mismas estimaciones básicas (promedio, desvío muestral y coeficiente de correlación), pero la visualización de estos conjuntos de datos revela cuatro estructuras diferentes

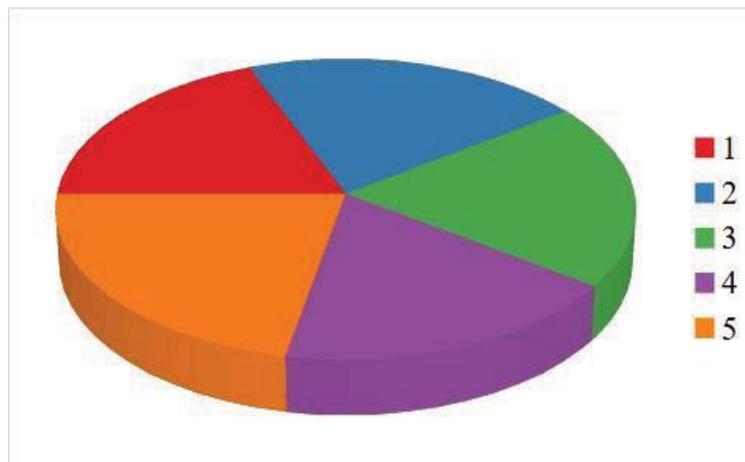
Sin embargo, como se puede observar en la Figura 1, los gráficos de puntos para los cuatro conjuntos son claramente diferentes. El conjunto de datos I presenta una relación lineal entre  $x$  e  $y$ , mientras que para el conjunto II la relación entre  $x$  e  $y$  es de tipo cuadrática. En los conjuntos III y IV, se observa la presencia de una observación atípica que genera un efecto de palanca sobre la recta de regresión lineal, atrayéndola hacia ella..

### DATOS DISTORSIONADOS

Tufte [1], estableció los principios o recomendaciones concretas para evaluar la calidad de una gráfica. Ante todo, una visualización tiene que transmitir los datos con precisión. No debe inducir a ideas erróneas ni distorsionar la realidad. Cuando se realiza un gráfico es necesario balancear dos aspectos importantes del mismo: el diseño y la claridad con la que se exhiben aspectos importantes de los datos. Muchos diseños frecuentemente usados conducen a imágenes atractivas pero llevan al lector a conclusiones

falsas. En la Figura 2 se puede observar un gráfico circular o de torta. A pesar de ser una gráfica de utilización muy frecuente, muchos expertos destacados desaconsejan el uso de los mismos debido a que rara vez son la mejor opción para representar las partes de un todo. Ese es el caso de nuestro gráfico circular, no es posible distinguir con certeza si todos los sectores son iguales o diferentes debido a que al sistema visual humano le resulta difícil percibir las diferencias entre ángulos similares y no se muestran etiquetas indicando el porcentaje asociado a cada sector.

Los gráficos circulares no son la mejor opción si se desea que el lector compare el tamaño de las secciones. Esto es especialmente cierto si las diferencias entre las secciones son pequeñas, como en el caso de la Figura 2. Una alternativa a los gráficos circulares son los gráficos de barras o de columnas como el de la Figura 3. En este gráfico se presentan los mismos datos de la Figura 2, pero pueden observarse fácilmente las diferencias entre los porcentajes asociados a cada categoría.



**Figura 2:** Gráfica circular con distorsión debido al efecto 3D y presentación deficiente debido a la ausencia de etiquetas indicando el porcentaje asociado a cada sector.

Volviendo al gráfico circular de la Figura 2, podemos ver que el sector violeta se percibe del mismo tamaño o más grande que otros

sectores. Pero en el gráfico de barras de la Figura 3 se puede observar que la barra violeta en realidad corresponde a la de menor

porcentaje. Esto se debe a que la variación en la perspectiva generada por el efecto 3D distorsiona los datos.

Si se quiere utilizar un gráfico circular hay ciertas cuestiones que deben tenerse en cuenta: no es conveniente que el gráfico tenga demasiados sectores, además estos gráficos

funcionan mejor para valores de alrededor del 25%, 50% o 75%. Agregar etiquetas a cada sector con los porcentajes asociados a los mismos es indispensable. Los sectores no deben sacarse del gráfico circular y no debe haber efectos 3D (una técnica no recomendada en general para la visualización de datos) porque distorsionan la realidad.

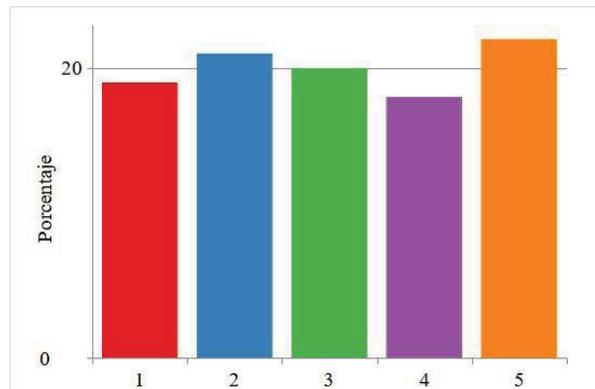


Figura 3: Gráfico de barras para los datos de la Figura 2.

Como se mencionó anteriormente, los gráficos de barras son una opción adecuada si se desea comparar cantidades fácilmente. Sin embargo, estos gráficos también deben ser interpretados cuidadosamente. La Figura 4 muestra la comparación entre dos métodos y a simple vista uno podría pensar que un método es doblemente efectivo que el otro. Sin embargo, esta visualización es engañosa: si se observa en detalle el eje vertical, se puede notar que la verdadera diferencia entre los

métodos es considerablemente menor. A pesar de la sencillez de los datos, esta gráfica no proporciona una visualización de datos honesta y efectiva, exagerando las diferencias entre métodos. La premisa a la hora de realizar o leer un gráfico de barras es siempre chequear que el eje vertical comience en cero, en particular en algunos software que realizan automáticamente la elección del inicio de este eje.

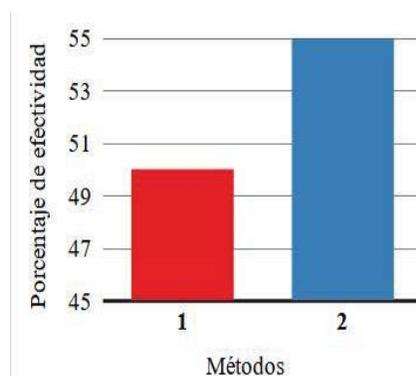
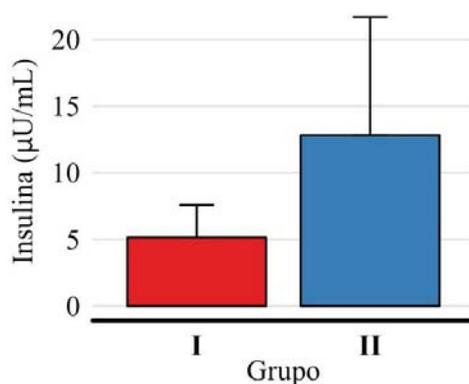


Figura 4: Gráfico de barras con eje vertical truncado.

## GRÁFICAS POCO INFORMATIVAS

Otro tipo de gráfico frecuentemente utilizado en diversas áreas pero también muy criticado [10] es el de barras con error (o gráfico de dinamita). En estos gráficos se

pretende representar variables cuantitativas mediante una barra vertical sólida de altura correspondiente al promedio y una T por encima que representa el desvío muestral o el error estándar del promedio. En la Figura 5, se muestra un típico ejemplo en el que se comparan dos grupos mediante el gráfico de barras con error.

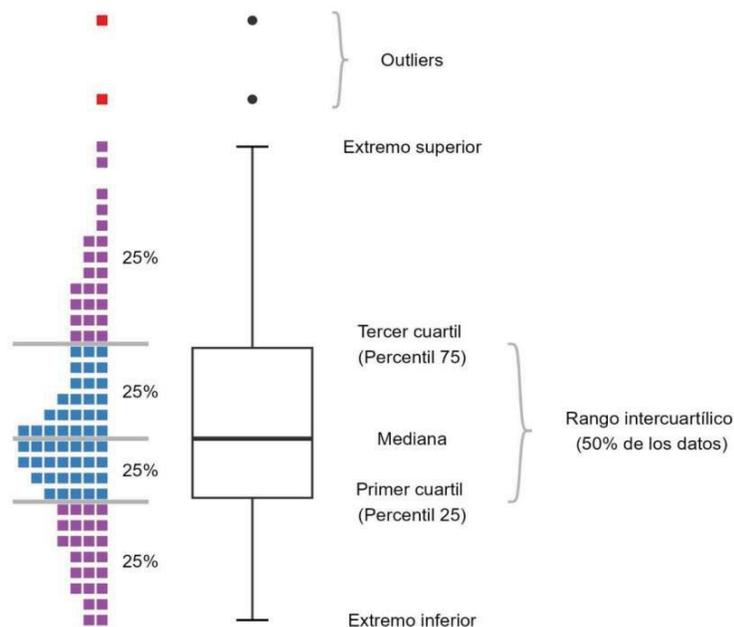


**Figura 5:** Gráfico de barras con error. El borde superior de la barra indica el promedio y la longitud de la T el desvío muestral.

Esta representación genera confusión en quien la interpreta ya que, la única información que aporta la barra es la proporcionada por su borde superior, el cual representa el promedio del conjunto de datos, pero se tiende a creer erróneamente que los valores incluidos dentro de la barra son “más probables” que aquellos fuera de ella [11]. Además, las barras suelen tener su extremo inferior en cero 0, elección de por sí arbitraria e inexplicable, ya que los valores analizados podrían no incluir al cero. De hecho, el mínimo de los valores observados podría ser mayor que cero o incluso negativo y esto no se vería reflejado en este tipo de representación. En cuanto a la T que suele agregarse, a menudo no está indicado en la descripción del gráfico si representa un desvío, un error estándar de la media o un extremo del intervalo de 95% de confianza de la media. Por último cabe mencionar que la media es una medida de

resumen muy sensible a observaciones atípicas o distribuciones asimétricas pudiendo entonces no ser una buena representación de los valores observados.

En contraposición al gráfico de barras con error se propone el uso del boxplot (o diagrama de caja) donde se utilizan medidas de resumen robustas y que no requieren de suposiciones sobre la distribución de la población. Una versión más simple del boxplot fue introducida por Mary Eleanor Spear en 1952 [12] y la actual fue popularizada por John Tukey en 1977 [13]. El boxplot muestra todo el rango de los valores observados, provee información tanto sobre la dispersión como de la distribución de los datos. Asimismo es especialmente útil para comparar distintas distribuciones entre sí.



**Figura 6:** A la izquierda, la distribución de frecuencias de los datos. A la derecha, el boxplot con sus componentes detallados.

En la Figura 6, para facilitar la interpretación, se representa un boxplot junto con un esquema de la distribución de frecuencias de los datos utilizados.

El boxplot divide al conjunto de datos en cuartos mediante los cuartiles de la distribución muestral: primer cuartil, mediana y tercer cuartil. La *mediana* corresponde al valor que divide el conjunto de datos en dos mitades, siendo el 50% de los valores menores a la mediana y el 50% restante mayor a la mediana. El *primer cuartil*, o percentil 25, corresponde al valor por debajo del cual se encuentra el 25% de los datos y el *tercer cuartil*, o percentil 75, corresponde al valor por debajo del cual se encuentra el 75% de los datos.

La caja del boxplot contiene el 50% de los valores observados. El límite inferior corresponde al primer cuartil y el límite superior al tercer cuartil. La línea dentro de la caja, corresponde a la mediana del conjunto de datos y su longitud es el rango intercuartílico, el cual es una medida de la dispersión de los datos.

El bigote inferior (respectivamente superior) comienza en el primer (tercer) cuartil y se extiende hasta el mínimo (máximo) de los datos o hasta una vez y media el rango intercuartílico. Los datos que quedan más allá de los extremos de los bigotes, son considerados valores atípicos (o outliers) y señalados con puntos.

En el boxplot de la Figura 6, el extremo del bigote inferior coincide con el mínimo, mientras que el bigote superior tiene una longitud de una vez y media el rango intercuartílico y se observan dos puntos por encima indicando la presencia de dos valores atípicos.

En la Figura 7 se muestra el boxplot correspondiente a los datos de la Figura 5. Esta figura proporciona mayor información que las barras con error. Se puede observar que para el grupo I el valor máximo de insulina fue aproximadamente  $15\mu\text{U/mL}$ , mientras que para el grupo II el máximo superó los  $40\mu\text{U/mL}$ . La distribución asimétrica de los valores de insulina del grupo

II se puede observar por el bigote superior alargado y los outliers superiores. Más aún, se puede concluir que el 75% de los valores de insulina para el grupo II están por encima del

75% de los valores de insulina para el grupo I. En ambos grupos se observa que ninguno de los valores de insulina es cero, reafirmando lo antes mencionado sobre el gráfico de barras con error.

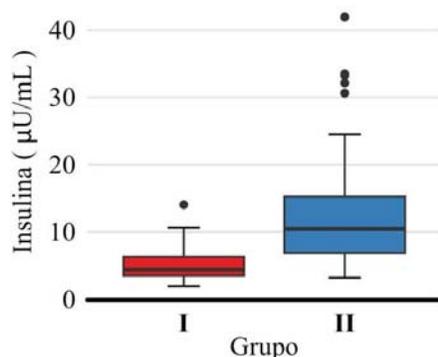


Figura 7: Boxplots correspondiente a los datos de la Figura 5.

Una posible limitación que pueden encontrar los investigadores al momento de utilizar un boxplot para visualizar sus datos es el hecho de que se requieren por lo menos  $n=5$  datos, aunque cabe mencionar que si se desea hacer estadística de los datos, es necesario contar con una cantidad suficiente de ellos.

### GRÁFICOS Y DIMENSIÓN DE LOS DATOS

Por otro lado, visualizar los datos utilizando la técnica correcta puede permitirnos detectar características importantes de la estructura de los mismos. Un ejemplo de esto es la detección de observaciones atípicas las cuales deben ser tratadas con el debido cuidado.

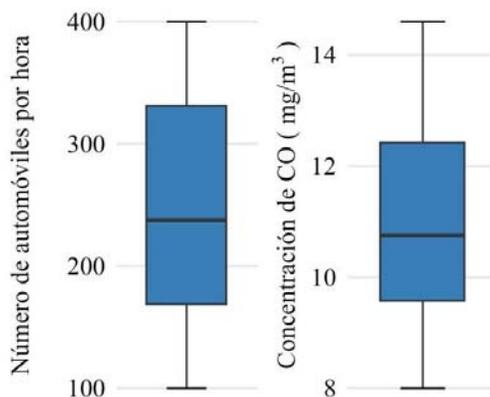


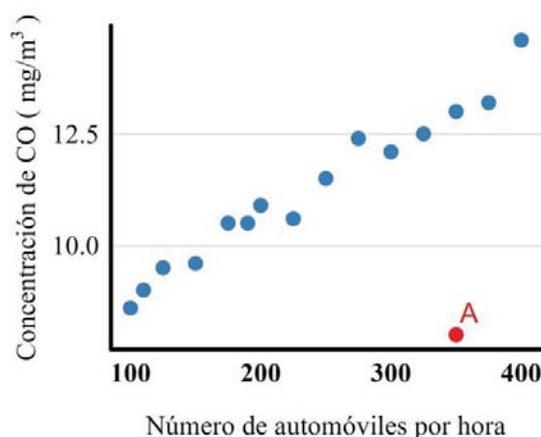
Figura 8: Boxplots para las variables número de automóviles por hora y concentración de CO.

En la sección anterior los boxplots fueron utilizados para comparar dos variables univariadas, también podrían utilizarse para

explorar por separado las variables de un conjunto bidimensional. En la Figura 8 se

pueden observar los boxplots correspondientes a las variables número de automóviles por hora y concentración de monóxido de carbono (CO) medida en  $\text{mg}/\text{m}^3$  en una cabina de peaje. Ambos gráficos proporcionan información sobre el rango de valores en que varían las variables y características de sus distribuciones individuales, pero no brindan información sobre la estructura multivariada de los datos. En la Figura 9, se puede observar el gráfico

de puntos de ambas variables. En este tipo de gráfica a simple vista se puede ver la relación que existe entre ellas, en este caso aproximadamente lineal. Pero también es posible detectar observaciones que no se comportan como el resto de los datos, es decir datos atípicos. El dato señalado con la letra A en la Figura 9 corresponde claramente a un dato atípico del conjunto de datos bivariado. Pero no es detectado por los boxplots de la Figura 8 pues no es un dato atípico para cada una de las muestras univariadas.



**Figura 9:** Gráfico de puntos de los datos de la Figura 8.

## COMENTARIOS FINALES

Realizamos un recorrido por algunas de las gráficas más utilizadas en el ambiente científico destacando en ellas sus aspectos positivos y negativos. Previo a la realización de una se recomienda tener en cuenta las siguientes preguntas: ¿Los datos son suficientemente complejos como para justificar la realización de una gráfica o una tabla alcanza para visualizarlos?, ¿qué interesa mostrar con la gráfica?, ¿cuál es el público al que está dirigida la gráfica? y ¿qué tipo de variables conforman los datos? Como recomendación final, una vez elegido el tipo de gráfica utilizar un etiquetado claro, detallado, no repetitivo y completo para evitar distorsiones gráficas y facilitar su interpretación. Evitar el uso de efectos 3D y agregados al gráfico que no sean relevantes y controlar que la elección de los límites de los ejes no conduzca a conclusiones erróneas.

## REFERENCIAS:

- [1] E. R. Tufte, *The visual display of quantitative information*. Cheshire, CT: Graphics Press, 1983.
- [2] E. R. Tufte, *Envisioning Information*. Cheshire, CT: Graphics Press, 1990.
- [3] E. R. Tufte, *Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative*. Cheshire, CT: Graphics Press, 1997.
- [4] A. Cairo, *The functional art: An introduction to information graphics and visualization*. Berkeley: New Riders, 2013.
- [5] S. Few, *Now you see it: Simple visualization techniques for quantitative analysis*. Oakland, CA: Analytics Press, 2009.
- [6] T. Munzer, *Visualization analysis and design*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014.

[7] C. Wilke *Fundamentals of Data Visualization: A Primer on Making Informative and Compelling Figures*. 1era Edición, O'Reilly Media, 2019.

[8] K. Healy, *Data Visualization: A Practical Introduction*. 1era Edición, Princeton University Press, 2018.

[9] F. Anscombe, Graphs in statistical analysis. *American Statistician* **1973**, 27, 17–21.

[10] G.B. Drummond and S.L. Vowler, Show the data, don't conceal them. *Br J Pharmacol* **2011**, 163(2): 208–210.

[11] G.E. Newman y B.J. Scholl, Bar graphs depicting averages are perceptually misinterpreted: The within-the-bar bias. *Psychonomic Bulletin & Review* **2012**, 19, 4, 601–607.

[12] M. E. Spear, *Charting Statistics*, McGraw-Hill, 1952.

[13] J.W. Tukey, *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley, 1977.

## EL HIDRÓGENO: UN ACTOR RELEVANTE EN EL ESCENARIO DE LA DESCARBONIZACIÓN ENERGÉTICA

Fabiana C. Gennari<sup>1,2,3,\*</sup> y Julio J. Andrade Gamboa<sup>1,4</sup>

1-Centro Atómico Bariloche (CAB)-Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Av. Bustillo 9500, R8402AGP, S.C. de Bariloche, Río Negro, Argentina. 2-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Av. Bustillo 9500, R8402AGP, S.C. de Bariloche, Río Negro, Argentina. 3-Universidad Nacional de Cuyo-Instituto Balseiro (CNEA), Av. Bustillo 9500, R8402AGP, S.C. de Bariloche, Río Negro, Argentina. 4-Universidad Nacional del Comahue, Quintral 1250, S.C. de Bariloche, Río Negro, Argentina  
Email: [gennari@cab.cnea.gov.ar](mailto:gennari@cab.cnea.gov.ar), [fabiana.gennari@ib.edu.ar](mailto:fabiana.gennari@ib.edu.ar)

### RESUMEN

Se presentarán dos estrategias posibles para promover la descarbonización de la energía: el aumento de la contribución de las energías renovables y la aplicación de tecnologías de captura y transformación del CO<sub>2</sub>. En el primer caso, para promover la penetración de las energías renovables, el hidrógeno surge como un partícipe clave que permite transportar estas energías limpias hasta diferentes sectores como la industria, el transporte y usos que requieren calor y/o electricidad. En el segundo caso, para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el escenario energético actual, se pueden implementar tecnologías que involucran la captura, el almacenamiento y la utilización de CO<sub>2</sub>. Entre los procesos posibles se identifican la captura de CO<sub>2</sub> y posterior almacenamiento geológico o alternativamente, posterior uso de CO<sub>2</sub> en forma directa o luego de su transformación a productos de valor agregado. Se mostrará como la sinergia entre estas dos alternativas facilita la transición energética hacia sistemas más sostenibles.

### INTRODUCCIÓN

Nuestra actividad diaria está asociada directamente con el consumo de energía, ya sea para iluminar nuestra casa, calentar o refrescar el ambiente que habitamos, para trasladarnos al trabajo o la escuela, para comunicarnos a través de celulares y

computadoras. Estos son solo algunos ejemplos de consumo energético por parte de la población, a lo que se suman otros usos, como los medios de transporte de pasajeros y la industria para la producción de bienes de consumo. En los últimos 100 años, esta demanda de energía ha sido satisfecha principalmente a partir de los combustibles fósiles, con un aporte cercano al 80 % entre gas natural, petróleo y carbón [1]. La quema de estos combustibles conlleva la producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>); todos gases que afectan el medioambiente. En particular, la combustión de hidrocarburos constituye una de las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> debida a la acción humana. El CO<sub>2</sub> es el principal gas de efecto invernadero (GEI), hoy reconocido como uno de los causantes del cambio climático y el calentamiento global. Es decir, hay una relación directa entre el uso de la energía y el impacto negativo sobre el medioambiente.

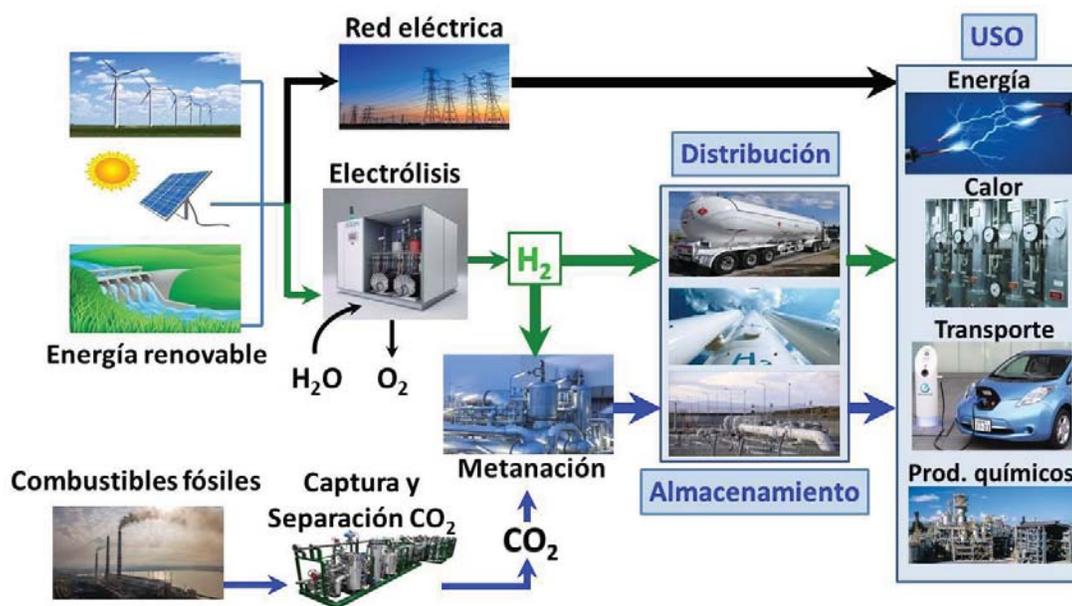
Para lograr un modelo energético que contemple el desarrollo económico, social y ambiental, resulta necesario abordar diferentes estrategias que promuevan la descarbonización de la energía (empleo de energías que no liberen CO<sub>2</sub> a la atmósfera) [2]. Una alternativa para lograr este objetivo es aumentar la contribución de energías limpias y renovables en la matriz energética global. De manera complementaria, se pueden desarrollar y aplicar tecnologías de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, como también de

captura y transformación de CO<sub>2</sub> en productos de valor agregado (como gas natural sintético). En este último caso se busca reducir/minimizar el impacto ambiental asociado al empleo de los combustibles fósiles en cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, en las aplicaciones donde sea posible. Ambas alternativas tienen aspectos asociados que pueden potenciarse para favorecer la descarbonización de la energía, y que mostraremos más adelante.

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL HIDRÓGENO

La producción de energía eléctrica a partir de las energías renovables, depende de flujos de energía naturales que varían según el ciclo día/noche o ciclos estacionales. La naturaleza intermitente de estas energías hace que no esté acoplada la oferta de energía con la demanda. Cuando el recurso solar o eólico está disponible, se puede producir gran cantidad de energía eléctrica. Parte de esta energía es incorporada al tendido eléctrico de acuerdo a la demanda de los consumidores

(Figura 1, flechas negras), mientras que el excedente de energía eléctrica se debe almacenar de algún modo. Debido al desacople entre oferta y demanda, es necesario implementar herramientas para almacenar el exceso de energía que se genera en periodos de gran producción, y así disponer de esta energía cuando haya escasez del recurso. Aquí surge el gas hidrógeno (H<sub>2</sub>) como una estrategia para almacenar la energía renovable y facilitar la incorporación de estas energías en sectores de difícil acceso, como la industria, el transporte y usos que requieren calor (Figura 1, flechas verdes). El H<sub>2</sub> es producido con el excedente de energía renovable, por ejemplo mediante el proceso de electrólisis. Este H<sub>2</sub> puede ser transportado y utilizado en el sector final de destino, para producir energía limpia mediante su transformación en diferentes dispositivos, como motores de combustión interna, turbinas o celdas de combustible. Por estas características, se espera que el hidrógeno renovable sea una pieza clave en el camino hacia la descarbonización de los sistemas energéticos.



**Figura 1** - Interrelación de las energías renovables y el hidrógeno para llegar a los sectores de uso final

## EL HIDRÓGENO: MÉTODOS DE PRODUCCIÓN Y “COLORES”

El hidrógeno (H) es el elemento más simple de la tabla periódica. Si bien es muy abundante en la naturaleza (0,014%, décimo en el ranking) no se encuentra libre, sino combinado con otros elementos formando compuestos como el agua, la glucosa, los hidrocarburos y la biomasa, entre otros. Por ello, no es una fuente primaria de energía sino que es un portador de energía. Esto significa que es necesario producirlo a partir de

compuestos que lo contienen gastando energía primaria, ya sea renovable, fósil o nuclear. En condiciones normales, el hidrógeno se obtiene en forma de molécula diatómica gaseosa ( $H_2$ ) y tiene una elevada densidad de energía por unidad de masa (3 veces la de la gasolina). Sin embargo, como es un gas muy liviano, su densidad de energía por unidad de volumen es 1/3 la del gas natural. La principal ventaja del  $H_2$  es que no genera dióxido de carbono durante su utilización, ya que su reacción con oxígeno produce solo agua (Figura 2).



**Figura 2** - Reacción de combustión del hidrógeno

En la actualidad el  $H_2$  tiene un importante mercado mundial como insumo de las industrias petroquímica, química y de refinación, con una demanda de ~90 millones de toneladas por año en 2020 [3]. La mayor parte de este hidrógeno se produce a partir los combustibles fósiles, principalmente por reformado de gas natural ("hidrógeno gris"), seguido del uso del carbón mediante gasificación ("hidrógeno marrón"). Las tecnologías de producción de hidrógeno más maduras son el reformado con vapor (usando agua como oxidante y fuente de hidrógeno); la oxidación parcial (usando oxígeno del aire como oxidante); una combinación de las anteriores llamada reformado autotérmico (ATR) y la gasificación de carbón, que requiere de un proceso de oxidación del carbón. Se emplea el reformado con vapor para extraer hidrógeno del gas natural y, con mucha menos frecuencia, del gas licuado de

petróleo y la nafta. La oxidación parcial se utiliza para extraer hidrógeno del fuelóleo pesado y el carbón. En todos los casos anteriores, se forma un gas de síntesis (que incluye  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$  y  $H_2O$ ), que luego se convierte en hidrógeno y  $CO_2$  si el producto principal buscado es hidrógeno puro. Por lo tanto, la producción mundial de  $H_2$  genera actualmente grandes emisiones de  $CO_2$ : 10 toneladas de  $CO_2$  por tonelada de  $H_2$  cuando el gas natural es la materia prima y 19 toneladas de  $CO_2$  por tonelada de  $H_2$  cuando se usa carbón.

Estos procesos de producción de hidrógeno han sido empleados por décadas para disponer de hidrógeno como materia prima, alcanzando alta madurez comercial. Sin embargo, debido a que la producción de hidrógeno está acompañada de la emisión de altas cantidades de  $CO_2$ , no resultan admisibles en un panorama de

descarbonización. Por esta razón, en el nuevo escenario energético donde el hidrógeno se constituye en un portador de energía de bajas emisiones de carbono, hay un incentivo muy fuerte para la producción del llamado "H<sub>2</sub> azul", donde el CO<sub>2</sub> debe ser capturado y almacenado (en formaciones geológicas) o empleado de manera directa (como la recuperación mejorada de petróleo) o indirecta. En este último caso, el CO<sub>2</sub> puede ser capturado de la fuente de emisión y transformado a productos de interés como plásticos y materiales de construcción que resultan en sumideros finales del carbono; también el CO<sub>2</sub> puede ser transformado a combustibles como el gas natural sintético, resultando en este caso en balance de carbono constante.

El H<sub>2</sub> azul obtenido a partir de combustibles fósiles con captura de CO<sub>2</sub> cobra relevancia en el nuevo modelo

energético con bajas emisiones de carbono, ya que involucra tecnologías maduras existentes en la industria y permite descarbonizar los sistemas energéticos existentes en países, como Argentina, que cuentan con el recurso fósil no renovable. Finalmente, el objetivo principal en este panorama de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> es contar con el "H<sub>2</sub> verde" producido mediante la electrólisis del agua y usando electricidad cuyo origen es el excedente de las energías renovables. En este sentido, Argentina tiene alto potencial para la producción de H<sub>2</sub> verde a partir del recurso fotovoltaico en el norte del país, como del recurso eólico en el sur. Este H<sub>2</sub> limpio es el portador de energía renovable que a largo plazo conducirá a una economía energética totalmente descarbonizada. La Figura 3 resume los tipos de hidrógeno mencionados anteriormente.

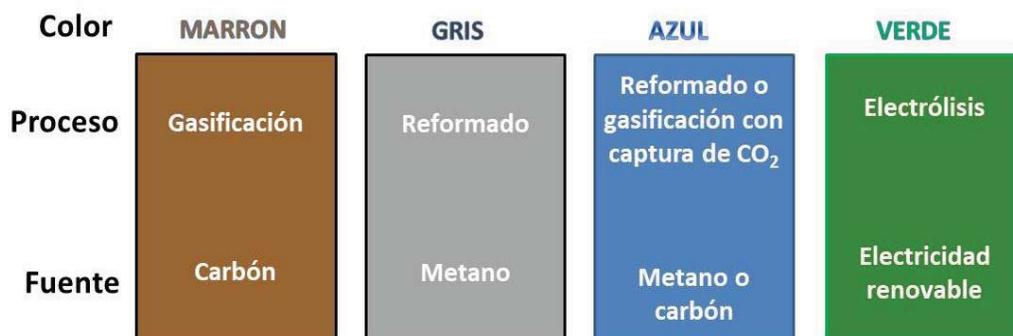


Figura 3 - Los colores del hidrógeno (mencionados en el texto)

Es importante mencionar que el H<sub>2</sub> también puede obtenerse a partir de una fuente renovable como es la biomasa mediante diferentes tecnologías como la gasificación, la pirólisis, la fermentación y el reformado de líquidos bio-derivados como bioetanol. Al igual que en caso del uso de combustibles fósiles, estos procesos generan emisiones de CO<sub>2</sub>. Si bien estas tecnologías no están insertas a gran escala, son de gran interés como forma de reutilización de residuos

orgánicos y podrían ser viables comercialmente en un futuro cercano.

En el nuevo modelo energético sustentable que se busca, el hidrógeno verde permite canalizar grandes cantidades de energía renovable hacia sectores que de otro modo son difíciles de descarbonizar mediante electrificación. Entre estos sectores se incluye: 1) La industria, donde el H<sub>2</sub> se utiliza para la producción de amoníaco, metanol y otros productos químicos a granel, y actualmente es producido a partir de

combustibles fósiles; 2) ámbitos residenciales o industriales donde el H<sub>2</sub> se puede emplear en diferentes dispositivos como las celdas de combustible para generar electricidad verde o para la cogeneración de electricidad y calor; 3) el transporte, donde los vehículos eléctricos a pila de combustible son una alternativa de bajas emisiones, con gran potencial en transporte terrestre, marítimo y aéreo (ver Figura 1).

## LA CAPTURA, ALMACENAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DEL CO<sub>2</sub>

Para lograr la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en forma acelerada, es necesaria la combinación de diferentes estrategias en simultáneo. Como mencionamos antes, el H<sub>2</sub> producido a partir de combustibles fósiles o derivados de la biomasa, produce CO<sub>2</sub> como producto secundario. Para evitar su emisión a la atmósfera, el CO<sub>2</sub> puede ser capturado y utilizado en forma directa en la síntesis de urea, ácido salicílico y carbonatos; o puede emplearse en forma indirecta, al transformarlo en nuevos compuestos como combustibles y plásticos (esquema). Existen otras alternativas para evitar que el CO<sub>2</sub> generado ingrese a la atmósfera, como son el secuestro geológico de CO<sub>2</sub> en yacimientos de petróleo y gas agotados o la mineralización de CO<sub>2</sub>, que involucra la formación de carbonatos estables con óxidos presentes en rocas máficas (que son aquellas con alto contenido en magnesio y hierro).

Por lo tanto, hay un conjunto de tecnologías conocidas como captura, utilización y almacenamiento de CO<sub>2</sub> (en inglés CCUS, "carbon capture, utilization and storage") que están dirigidas a reducir o remover las emisiones de CO<sub>2</sub> [4] y que serán clave en los próximos años. Podemos identificar tres grupos de procesos tecnológicos:

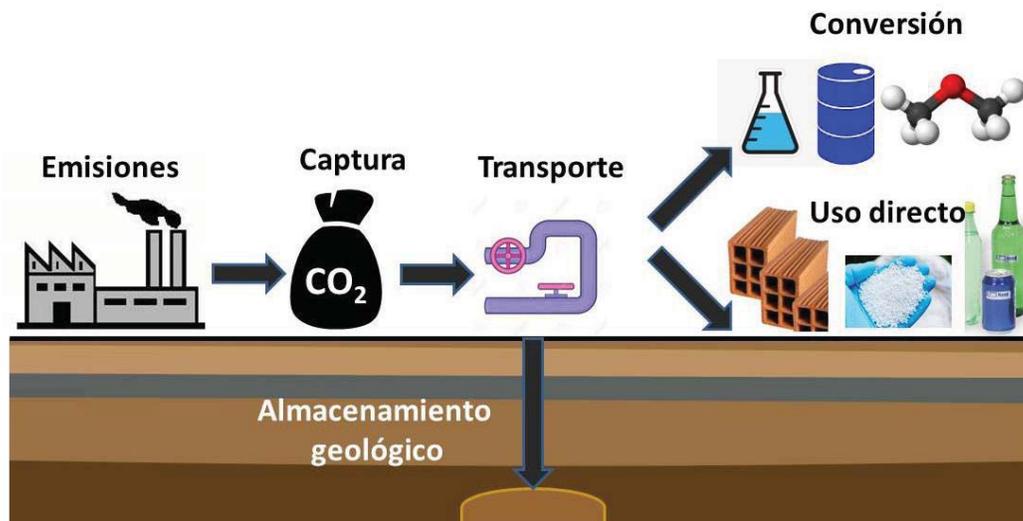
1) *La captura y almacenamiento de carbono* (en inglés CCS, "carbon capture and storage"), en referencia a procesos que capturan directamente las emisiones de CO<sub>2</sub>

de las fuentes puntuales (centrales eléctricas, grandes plantas industriales), seguido de una etapa de compresión del gas para su transporte y almacenamiento (Figura 4).

2) *La captura y utilización de carbono* (en inglés CCU, "carbon capture and utilization"), que corresponde a procesos que capturan las emisiones de CO<sub>2</sub> de fuentes puntuales y luego utilizan ese CO<sub>2</sub> en procesos secundarios, como la producción de combustibles sintéticos, productos químicos y materiales (Figura 4).

3) *La eliminación de dióxido de carbono* (en inglés CDR, "carbon direct removal"), que incluye procesos que efectivamente eliminan CO<sub>2</sub> de la atmósfera. Si se combinan con el almacenamiento a largo plazo, pueden generar emisiones negativas. Estos incluyen enfoques naturales como la reforestación y enfoques tecnológicos o de ingeniería como el uso de bioenergía junto con CCS (en inglés BECCS, "bioenergy with carbon capture and storage") o captura y almacenamiento de aire directo (del inglés DACCS, "direct air carbon capture and storage").

Estas tecnologías se pueden aplicar en una variedad de sectores, ofreciendo el potencial de contribuir a la reducción de emisiones en casi todas las partes del sistema energético global. Por un lado, posibilitan la producción de H<sub>2</sub> con bajas emisiones de carbono (H<sub>2</sub> azul) y por otro, permiten reutilizar el CO<sub>2</sub> emitido en los grandes centros de emisión e integrar el H<sub>2</sub> obtenido a partir de las energías renovables (Figura 1, líneas azules). La combinación de CO<sub>2</sub> con H<sub>2</sub> en presencia de un catalizador específico, posibilita la producción de gas natural sintético (CH<sub>4</sub>). Disponer de gas natural obtenido a partir de H<sub>2</sub> verde es una forma de transferir el exceso de electricidad de la red eléctrica a la red de distribución de gas natural, siendo tecnologías de conversión conocidas como PtG (del inglés, power to gas). Existen otras formas de transformación del vector energético H<sub>2</sub> a combustibles líquidos PtL (power to liquid), o del H<sub>2</sub> a calor PtH (power to heat), las que permiten inyectar las energías renovables en todo el sistema energético.



**Figura 4** - Esquema de tecnologías de captura, utilización y almacenamiento de CO<sub>2</sub>

Definir cuales tecnologías incorporar dependerá de varios factores, entre ellos de la modalidad de integración (in situ o centralizada), del sector de uso final y de los costos asociados.

#### ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN EN EL DEPARTAMENTO FISIQUÍMICA DE MATERIALES

El Departamento Físicoquímica de Materiales (FQM), de la Gerencia de Investigación Aplicada (Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica) realiza hace más de 25 años actividades asociadas con la ciencia y la tecnología del hidrógeno. Las temáticas incluyen desde la producción de hidrógeno [5], la purificación y/o la separación de H<sub>2</sub> de mezclas gaseosas [6], el almacenamiento de H<sub>2</sub> [7, 8], la compresión de H<sub>2</sub> como así también la captura y conversión de CO<sub>2</sub> [9-12]. Los integrantes del departamento FQM constituyen un grupo interdisciplinario, que ha adquirido experiencia en: 1) La preparación de materiales nanoestructurados para diferentes aplicaciones, mediante el control de las variables del proceso; 2) El estudio de la cinética de reacción gas-sólido,

para avanzar en el entendimiento del mecanismo de la reacción, el modelado de la misma y la determinación de las etapas controlantes; 3) La evaluación de la termodinámica de los materiales en estudio de la reacción gas-sólido, determinación del calor de reacción y correlación con los fenómenos de transferencia de calor, para posibilitar el cambio de escala en las aplicaciones; 4) El diseño y construcción de equipos de laboratorio y/o prototipos asociados con la reacción gas-sólido de interés.

El desarrollo de estas actividades ha posibilitado concretar en los últimos 10 años más de 100 publicaciones internacionales, más de 70 informes técnicos, 7 proyectos de transferencia de tecnología, numerosos proyectos de I&D destacándose 5 de ellos internacionales, como también patentes. Simultáneamente se ha contribuido con la formación de recursos humanos en los diferentes niveles, desde estudiantes de grado, becarios/as de posgrado (maestrías y doctorados), becarios/as posdoctorales y jóvenes investigadores/as.

## CONCLUSIÓN

El aumento en la participación de las energías renovables y la incorporación de estrategias de descarbonización a través de las tecnologías CCUS, serán algunas de las herramientas a emplear a nivel internacional para reducir las emisiones de GEI y a garantizar un suministro de energía sostenible. Frente al panorama de transición energética que se avecina, Argentina presenta condiciones óptimas para la generación de energía eléctrica a partir de energía eólica y solar, para la producción de H<sub>2</sub> (tanto azul como verde) que posibilita la llegada a diferentes sectores de uso (transporte, industria, domiciliario) como también para la exportación de esta energía, contribuyendo a una economía energética global más limpia. Sin dudas, el hidrógeno constituye un eslabón clave en este nuevo escenario de descarbonización y en la planificación de sistemas energéticos sostenibles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Our world in data. Global energy consumption.  
<https://ourworldindata.org/energy-production-consumption> (Acceso en noviembre 2022).
- [2] World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, 2022. ISBN: 978-92-9260-429-5  
([www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications)).
- [3] Global Hydrogen Review 2021. International Energy Agency (IEA), 2021.  
<https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021> (Acceso en noviembre 2022).
- [4] Energy Technology Perspectives 2020, Special Report on Carbon Capture Utilization and Storage CCUS in clean energy transitions. International Energy Agency (IEA), 2020.  
<https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020> (Acceso en noviembre 2022).
- [5] I. A. Carbajal-Ramos, A. M. Condó, S. Bengió, J. J. Andrade-Gamboa, M. C. Abello,

- F. C. Gennari. *Applied Catalysis B: Environmental* **2016**, 181, 58-70.
- [6] N. Gamba, J. A. Puszkiel, P. A. Larochette, F. C. Gennari. *International Journal of Hydrogen Energy* **2020**, 45, 19493-19504.
- [7] G. Amica, P. A. Larochette, F. C. Gennari. *International Journal of Hydrogen Energy*, **2020**, 45, 18789-18801.
- [8] A. Martínez, A. Gasnier, F. C. Gennari. *Journal of the Physical Chemistry C* **2022**, 126, 66-78.
- [9] M. L. Grasso, P. A. Larochette, F. C. Gennari. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization* **2020**, 38, 232-240.
- [10] C. Villa, P. Arneodo Larochette, D. B. Soria, F. C. Gennari. *Chemical Engineering Journal*. **2022**, 450, 138118 - 138130.
- [11] N. Gamba, V. Farina, S. Garroni, G. Mulas, F. C. Gennari. *Powder Technology*, **2021**, 377, 857-867.
- [12] G. De Piano, J. J. Andrade Gamboa, A. Condó, S. Bengió, F. C. Gennari. *Applied Catalysis A, General*, **2022**, 634, 118540.

## TANINOS EN EL VINO: FACTORES QUE INFLUENCIAN SU PERCEPCIÓN SENSORIAL

**Reinaldo Pis Diez**

*CEQUINOR (UNLP – CONICET)  
Centro de Química Inorgánica “Dr. Pedro J. Aymonino”*

*E-mail: pis\_diez@quimica.unlp.edu.ar*

**Resumen:** Los taninos son parte de la amplia familia de polifenoles que se encuentran en el vino, además en muchos otros alimentos y plantas. Su importancia en enología radica tanto en la preservación del color de los vinos tintos como en su influencia en la percepción sensorial del producto. En este artículo técnico de divulgación ponemos énfasis en el origen de los taninos en el vino y de las diferencias en sus estructuras, así como en el aporte que hacen los mismos a la preservación del color del vino por formación de complejos con las antocianinas y a la sensación de astringencia que algunos vinos generan en boca.

### Introducción

Es común encontrar al revisar notas de cata, o de degustación de vinos, expresiones tales como “tal vino tiene taninos sedosos” o “este vino presenta taninos redondos”. Esos adjetivos, a los que se les puede agregar “rugosos”, “carnosos”, “con/sin aristas”, etc., tienen claras connotaciones poéticas pero poco aportan a una descripción cuantitativa, o al menos cualitativa, del contenido de los taninos en un vino.

El término tanino se origina en un vocablo celta que hace referencia a la corteza del roble y que hacia finales del siglo XVIII comenzó a utilizarse para describir el proceso mediante el cual la piel de un animal era convertida en cuero por extractos vegetales y que nosotros conocemos como curtiembre.

Los taninos están ampliamente distribuidos en la naturaleza y se encuentran en alimentos como uvas, moras, frutillas, nueces, castañas de cajú, avellanas, mangos y té. Es claro que

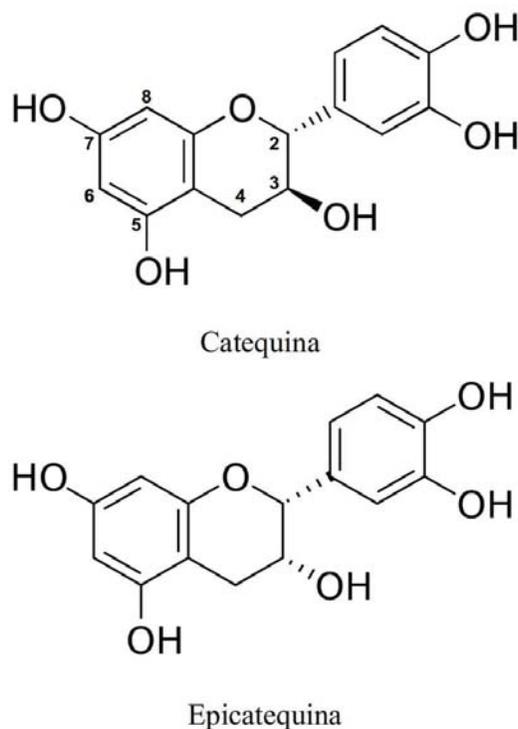
el nombre genérico no hace referencia a la estructura química, sino a la propiedad más saliente en cuanto a su reactividad: la interacción con proteínas, como el colágeno presente en las pieles de los animales o la mucina presente en la saliva.

Presentes en el vino, los taninos forman parte de una familia extensa de compuestos llamados polifenoles, entre los cuales se encuentran las antocianinas, responsables del color del vino tinto, y juegan roles importantes en la producción y añejamiento de la bebida.

### Clasificación de los taninos

Los taninos se clasifican en dos grandes grupos según su procedencia. Tenemos en primer lugar a los llamados taninos condensados (TC), procedentes de la uva y que se encuentran en el hollejo, en forma libre o combinados con polisacáridos, en las semillas y, en menor medida, en el raspón, la estructura leñosa que soporta el o los racimos de fruta. Es interesante notar que la pulpa casi no contiene taninos y por lo tanto no se la considera como posible fuente de los mismos. En segundo lugar, hablamos de taninos hidrolizables (TH), procedentes de la madera de roble y que estarán presentes solo cuando el vino esté en contacto con este material.

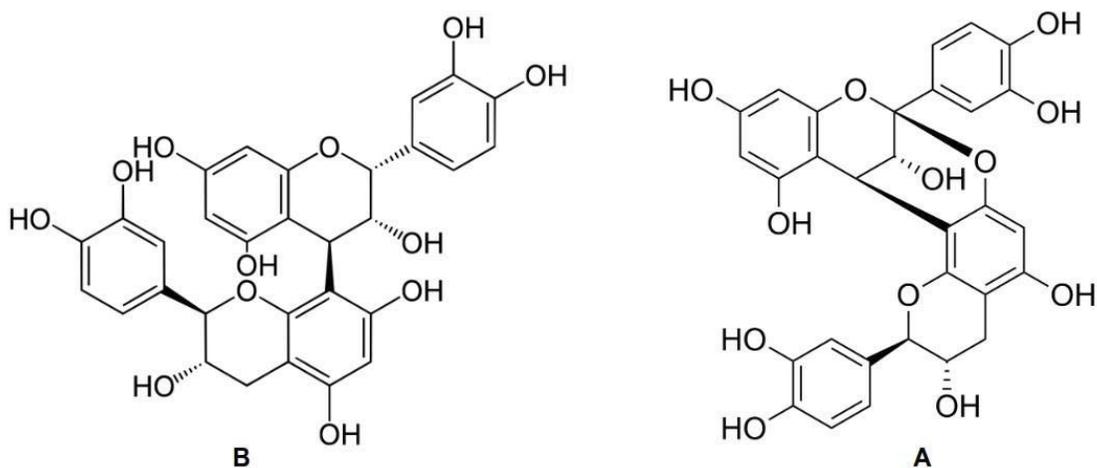
Los TC son polímeros del 3-flavanol, molécula formada por dos anillos bencénicos unidos por un heterociclo oxigenado saturado, que reciben el nombre de catequinas, y se encuentran como cuatro isómeros como consecuencia de la presencia de los carbonos asimétricos C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub> (Figura 1).



**Figura 1.** Isómeros del 3-flavanol conocidos como catequina y epicatequina. Cada uno de ellos se presenta, a su vez, como enantiómeros debido a la presencia de los carbonos C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub>.

Los monómeros más importantes son (+)-catequina y (-)-epicatequina, pero no son considerados taninos por su bajo peso molecular y pobre tendencia a reaccionar con proteínas. Los dímeros se forman por la unión de los monómeros a través de un enlace C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> o de un enlace C<sub>4</sub>-C<sub>8</sub>, dando lugar a los TC

conocidos como de tipo-B. Es posible, además, la formación de un enlace tipo éter entre el C<sub>2</sub> de una de las unidades y el O unido al C<sub>5</sub> o al C<sub>7</sub> de la otra unidad, originando los TC conocidos como tipo-A, ver Figura 2.

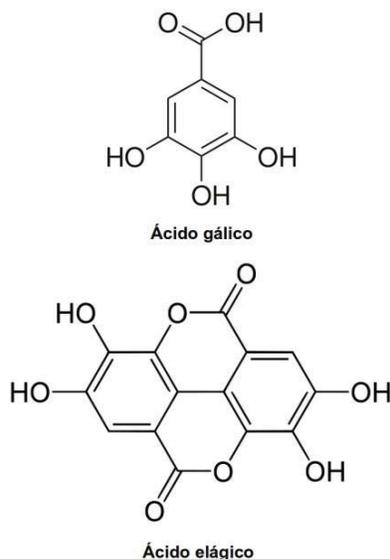


**Figura 2.** Dímeros del 3-flavanol que dan origen a los taninos condensados tipo-A (A) y tipo-B (B).

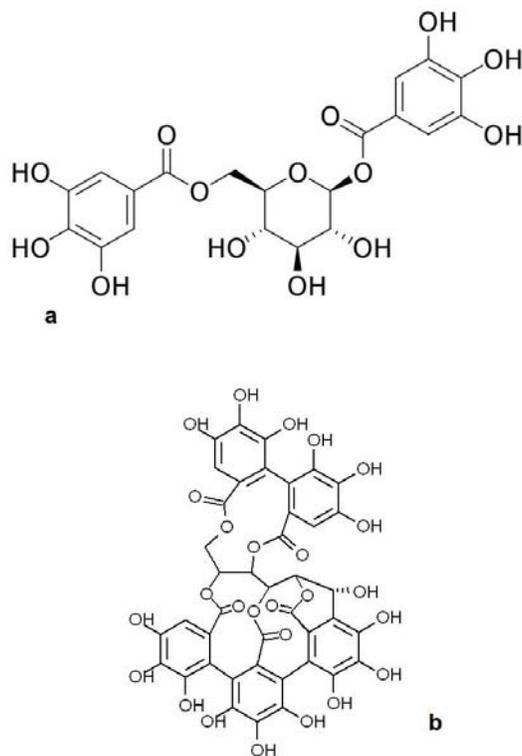
Por calentamiento de soluciones ácidas de estos dímeros (y de polímeros superiores) se obtienen productos condensados de la familia de la cianidina, razón por la cual también se denomina procianidinas a los TC.

Los TH proceden de la madera de roble, constituyen aproximadamente el 10% del peso en seco del duramen del roble y su

función es proteger de enfermedades a la madera. Los TH están formados por los galotaninos y los elagitaninos, así llamados ya que por hidrólisis ácida liberan, respectivamente, ácido gálico y ácido elágico, además de una molécula de glucosa, ver Figuras 3 y 4, siendo los segundos los más abundantes.



**Figura 3.** Ácidos gálico y elágico, constituyentes básicos de los taninos hidrolizables.



**Figura 4.** Ejemplos de galotaninos y de elagitaninos: digaloíglucosa (a) y castalagina (b).

Por la naturaleza de las uniones químicas entre las unidades, los TH hidrolizan más fácilmente que los TC en las condiciones de pH del vino (3,40-3,60).

### Los taninos en el vino

En general, el grano de uva maduro se caracteriza por hollejos ricos en taninos que, por su peso molecular, son relativamente inactivos frente a las proteínas y por semillas con un contenido bajo en taninos fuertemente reactivos respecto a las proteínas. En cambio, el grano no madurado completamente presentará hollejos con bajas concentraciones de taninos, usualmente de bajo peso molecular y semillas con altos contenidos de taninos con un grado de polimerización bajo y fuertemente reactivos en presencia de proteínas.

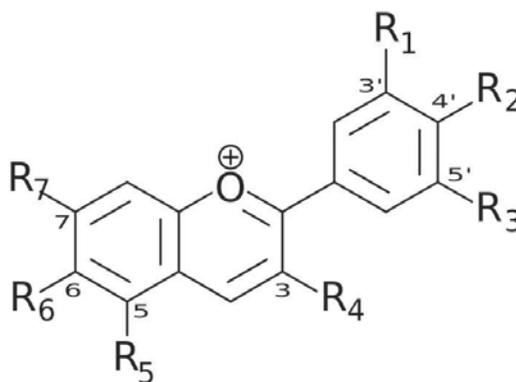
Aunque la gran mayoría de las procianidinas en el vino provienen del hollejo y de las semillas, existen diferencias estructurales entre ellas. Asimismo, diferentes variedades de uva presentan distintos tipos de TC. Los taninos de las semillas no suelen tener más de 10 unidades de 3-flavanol en su estructura, mientras que los del hollejo pueden llegar a las 30 unidades. En las semillas y en la piel del grano del Cabernet Franc, por ejemplo, se han encontrado taninos de hasta 30 y 74 unidades, respectivamente, pero en el Cabernet Sauvignon el tamaño promedio de los TC del hollejo apenas supera las 30 unidades. Si bien oligómeros de más de

10 unidades no son solubles en agua, el pH del vino y la naturaleza etanólica de la bebida favorecen la solubilidad de estos oligómeros y aun de otros de mayor peso.

No es de sorprender que el contenido de taninos en vinos blancos (0,1 a 0,3 g/L) sea del orden de 10 veces menor que el de los vinos tintos (1 a 4 g/L) ya que en el proceso de elaboración de los mismos se evita el contacto con hollejos y semillas. No obstante, los *vinos naranjo* (orange wines), muy de moda y elaborados a partir de variedades blancas, muestran un contenido apreciable de taninos por el extenso contacto con sus pieles del vino ya listo.

Las contribuciones más importantes de los taninos al vino ya producido, se relacionan con el color en el vino tinto (fase visual de la cata de la bebida) y con las sensaciones de sabor en boca (fase gustativa).

Abrimos un paréntesis para hablar de otros polifenoles, las antocianidinas y las antocianinas... El color en el vino tinto tiene su origen en las antocianidinas. Aunque diferentes variedades de uva muestran distintas proporciones de antocianidinas, la mayoría de aquellas producen cinco compuestos, con sus diferentes características cromáticas y tendencias a la oxidación: cianidina, delphinidina, malvidina, petunidina y peonidina. Las antocianidinas libres son estables en solución a pH bastante más bajo que el exhibido por los vinos tintos y en la forma de catión flavilio, ver Figura 5.



**Figura 5.** Estructura del ion flavilio, forma estable de las antocianidinas libres a bajo pH.

Así, la estabilidad del color en las condiciones del vino se alcanza por la

combinación de las antocianidinas con otras antocianidinas, por formación de polímeros

con taninos y por reacción con otros de los tantos constituyentes que presenta la bebida, notablemente glucosa, con quien forman un enlace *O*-glucosídico utilizando el C<sub>3</sub>. En estos casos, el nombre cambia de antocianidina a antocianina. En los vinos tintos jóvenes, las antocianinas se presentan como cinco especies distintas, en un equilibrio dinámico y complejo que depende del pH y del contenido de dióxido de azufre libre (utilizado como agente antioxidante por el productor). Lo que es realmente interesante es que dentro del rango de pH del vino, cuatro de esas cinco especies son incoloras, de forma que la coloración de la bebida se atribuye a la presencia del catión flavilio, la quinta especie en cuestión. A modo de ejemplo, digamos que a pH entre 3,40 y 3,60 la proporción de catión flavilio entre las antocianinas en equilibrio es de 20-25%. Esta es la razón por la cual los vinos tintos de acidez alta presentan un tinte rojizo, bien marcado, en la *herradura* al volcar levemente la copa. Por otro lado, la proporción de catión flavilio desciende rápidamente a 10% cuando el pH se acerca a 4, tornándose predominante una forma quinoidal de antocianina que presenta coloración azul, una característica de los vinos tintos de acidez baja.

La facilidad de oxidación de las antocianidinas depende de la presencia de oxidrilos como sustituyentes en las posiciones R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub>. En particular, grupos OH en posición *orto* son más sensibles a la oxidación, lo que ocasiona que la malvidina y la peonidina sean las más resistentes. Ambas moléculas, en especial la malvidina, son las que más contribuyen a la coloración rojiza.

Cerramos paréntesis y volvemos a los taninos... Desde el mismo momento en que son extraídos de las semillas y del hollejo por algún tipo de maceración en frío, las catequinas y las proantocianidinas comienzan a polimerizar con ellas mismas y con antocianinas y antocianidinas libres. Estos polímeros son solubles y poco astringentes, contribuyendo así a percepciones más agradables en boca al ingerir el producto final, y también a preservar el color de las antocianinas. Se ha mostrado que la proporción de antocianinas polimerizadas con taninos en un vino de la variedad Syrah de

origen norteamericano, aumentaba de manera constante desde un 40% al año de elaborado hasta el 80% luego de 10 años de añejamiento.

Si durante la formación de los polímeros el enlace covalente se forma entre el C<sub>4</sub> del tanino y el C<sub>8</sub> (o el C<sub>6</sub>) de la antocianina, el polímero se denomina T-A, mientras que si el C<sub>4</sub> involucrado pertenece a la antocianina y el C<sub>8</sub> (o el C<sub>6</sub>) al tanino, se habla de un polímero A-T. En ambos casos, la coloración observada es inicialmente rojiza debida a la forma dominante de ion flavilio en la antocianina. Con el paso del tiempo, los polímeros A-T sufren deshidratación y reordenamiento para dar lugar a una estructura tipo ion xantilio, de coloración amarilla/naranja, que explicaría la aparición de una tonalidad *rojo teja* en vinos con algunos años de guarda.

Se conocen algunos mecanismos que retrasan la formación de polímeros T-A y A-T, favoreciendo por tanto la eventual oxidación de la antocianina, con la consecuente pérdida de color. Por ejemplo, los taninos de alto peso molecular son poco propensos a polimerizar con las antocianinas, de manera que si las condiciones fijadas por el enólogo favorecen la formación de los primeros, el producto final puede estar caracterizado por una coloración pobre. Por otro lado, la adición temprana de dióxido de azufre para evitar oxidaciones no deseadas, puede ocasionar la formación de sulfonatos por ataque del S al C<sub>4</sub> de la antocianina, previniendo por lo tanto la formación de un polímero A-T que ayuda a preservar el color. Si bien la formación del sulfonato es reversible, la *demora* en la disposición de antocianinas, favorece la generación de taninos de alto peso molecular y tendrá consecuencias en el color del producto final.

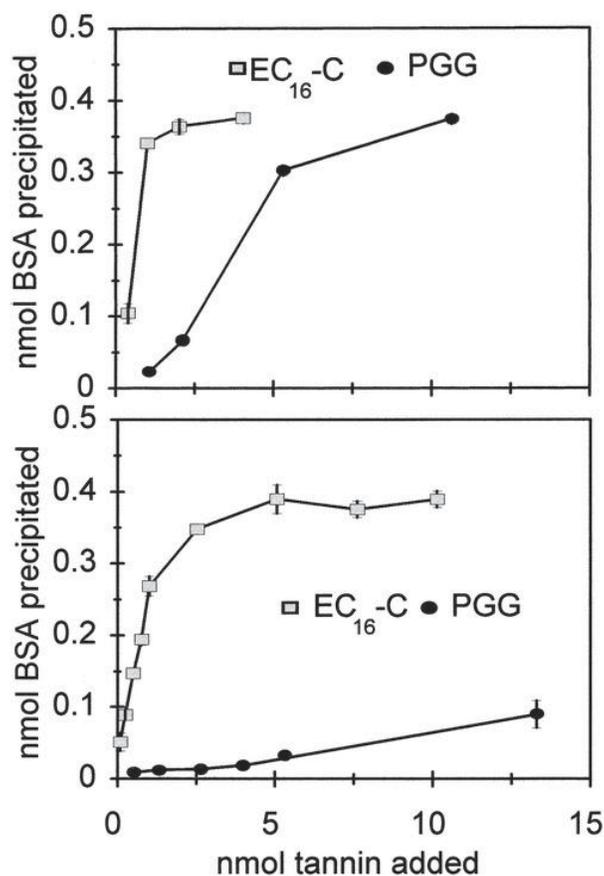
Se conoce relativamente poco de la acción de los TH una vez que el vino comienza su añejamiento en recipientes construidos con madera de roble. Se sabe que la solución etanólica que conforma la bebida favorece la solubilidad de los TH y se cree que los mismos participan como *cofactores* en la prevención de la oxidación de las antocianinas.

Tal vez la característica más conocida de los taninos es su *astringencia*, la capacidad de

interactuar con proteínas formando agregados de alto peso molecular que precipitan y generan una sensación de *sequedad* en boca, acompañada de cierto *amargor*, que se percibe en la zona posterior de la lengua. Los estudios existentes sobre la interacción de taninos con la saliva son escasos, sino inexistentes, debido a la complejidad de la estructura de la proteína que puede enmascarar las reacciones de interés. Por tal razón, para estos estudios se suelen utilizar modelos de proteínas ricos en prolina y taninos de diferentes orígenes previamente extraídos de sus fuentes.

Uno de los resultados más interesantes, alcanzado por Hagerman y col. en 1998, tiene que ver con la diferente capacidad de soluciones de galotaninos y procianidinas de

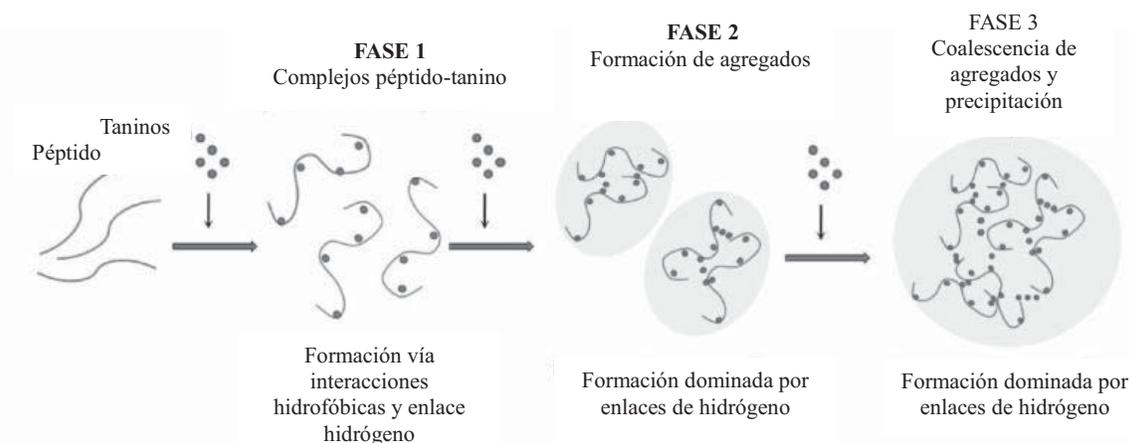
precipitar albúmina de suero bovino [1]. Siendo los galotaninos un ejemplo de TH y las procianidinas un ejemplo de TC, el trabajo citado buscó desentrañar el rol jugado por los taninos aportados tanto por la fruta como por la madera en la sensación de astringencia percibida. La Figura 6 resume los resultados alcanzados. El gráfico superior de la figura muestra resultados para soluciones de los taninos en agua pura y se ve que el TC (denominado EC<sub>16</sub>-C por los autores) es bastante más eficiente a la hora de precipitar la albúmina (BSA) que el TH (PGG). En cambio, para una solución acuosa de metanol al 20% (V/V), la disminución en la capacidad de precipitar BSA del tanino PGG es notable, mientras que la del TC prácticamente no se ve afectada.



**Figura 6.** Capacidad de los taninos EC<sub>16</sub>-C (modelo de tanino condensado) y PGG (modelo de tanino hidrolizable) para precipitar albúmina de suero bovino desde agua pura (gráfico superior) y desde una solución acuosa de metanol al 20% (V/V) (gráfico inferior). Figura adaptada de Hagerman y col. [1].

Por otro lado, en un trabajo algo más reciente, McRae y col. estudiaron una serie de propiedades termodinámicas de la reacción entre un modelo de proteína rica en prolina y taninos condensados de diferentes orígenes: semilla y piel antes del *envero*, semilla y piel del grano maduro, vinos jóvenes y vinos añejados [2]. Los autores encontraron que los taninos presentes en el grano antes del *envero* son los más propensos a interactuar con la proteína modelo. A medida que el tanino incorpora antocianinas por formación de

polímeros (grano maduro y vinos ya elaborados), la interacción con la proteína disminuye. Finalmente, a medida que el vino envejece, la interacción con la proteína modelo disminuye aun más. Los autores sugieren, a partir de sus resultados, que la interacción entre los taninos y las proteínas presentes en la saliva ocurre en tres etapas, y que estas dependen de la estructura de los taninos, las cuales cambian en el tiempo, ver Figura 7.



**Figura 7.** Modelo en tres etapas para explicar la interacción entre taninos condensados y una proteína rica en prolina. Figura tomada de McRae y col. [2].

La primera etapa, de formación de *complejos* tanino-proteína, ocurre tanto por formación de enlaces de hidrógeno entre el polifenol y los sitios activos de la proteína, como por interacciones de tipo p-p, llamadas *hidrofóbicas* por los autores. En la segunda etapa, los complejos se unen mediante enlaces de hidrógeno que utilizan a los taninos como puentes entre las proteínas para formar *agregados*. Finalmente, en la tercera etapa, los agregados alcanzan un tamaño crítico y precipitan. Los autores remarcan que este mecanismo está de acuerdo con el cambio de estructura que experimentan los taninos a medida que el vino envejece y se oxida. Existiría evidencia experimental que, frente a la oxidación, los taninos condensados tienden a *plegarse*, ocultando de esa forma grupos oxidrilo que quedan entonces imposibilitados de tomar parte de la segunda y de la tercera etapa. Asimismo, esa evidencia estaría de

acuerdo con la observación de que la disminución de la astringencia a medida que el vino envejece estaría asociada a cambios a nivel estructural en los taninos en lugar de cambios en su concentración.

Para finalizar, podemos mencionar que nuestro varietal insignia, el Malbec, está considerado como una variedad de astringencia media. Por otro lado, variedades como Petit Verdot y Tannat son representativas de vinos muy astringentes, mientras que el Cabernet Franc, el Cabernet Sauvignon, el Merlot y el Syrah se pueden considerar de astringencia media a alta. Los elegantes vinos que se elaboran con la variedad Pinot Noir se pueden clasificar sin lugar a dudas como de astringencia media a baja.

A modo de finalización, es deseable que los conceptos vertidos en este artículo contribuyan a que esas expresiones,

aparentemente sin mucho sentido, como “taninos sedosos”, “taninos redondos” o “taninos carnosos”, tengan un sentido algo más cualitativo sin que por eso pierdan su componente poética.

## Referencias

La bibliografía usada para este artículo está basada en algunos manuales de enología de autores reconocidos, así como en libros de referencia en la industria del vino. Si bien la lista está muy lejos de ser exhaustiva, es con seguridad un buen punto de partida para quien quiera profundizar en el proceso de elaboración del vino desde una perspectiva netamente química.

- i) A. E. Hagerman, *The Tannin Handbook*. Miami University, Oxford, Ohio, USA, 2002.
- ii) P. Ribéreau-Gayon, Y. Glories, A. Maujean, D. Dubourdieu, *Handbook of Enology*. Volúmenes 1 y 2, 2da edición, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, Inglaterra, 2006.
- iii) R. S. Jackson, *Wine Science Principles and Applications*. 5ta edición, Academic Press, 2020.
- iv) J. Hidalgo Togorés, *Tratado de Enología*. Tomos I y II, 2da edición, Ediciones Multi-Prensa, Madrid, 2011.
- v) R. J. Clarke, J. Bakker, *Wine Flavour Chemistry*. Blackwell Publishing Ltd, 2004.

Por otro lado, los estudios que buscan relacionar la astringencia del vino con la naturaleza de los taninos presentes en la bebida son bastante más específicos y merecen ser citados por su valor y porque, además, utilicé figuras de los mismos para ilustrar el presente artículo.

[1] A. E. Hagerman, M. E. Rice, N. T. Ritchard, *J. Agric. Food Chem.* **1998**, *46*, 2590-2595.

[2] J. M. McRae, R. J. Falconer, J. A. Kennedy, *J. Agric. Food Chem.* **2010**, *58*, 12510-12518.

## **DE HIERRO SOMOS: PROPIEDADES E IMPORTANCIA EN EL SOSTÉN DE LA VIDA**

**Arturo A. Vitale**

Departamento de Bioquímica Clínica, Área Hematología, Hospital de Clínicas “José de San Martín”, Universidad de Buenos Aires, Av. Córdoba 2351, C1120AAF Buenos Aires, Argentina.

E-mail: aavitale@sinectis.com.ar; avitale@ffyb.uba.ar.

### **Introducción**

Cuando se discute qué condiciones debe tener un planeta o satélite para sostener la vida tal como la conocemos en la Tierra, tanto dentro de nuestro sistema solar como en sistemas externos, en general, aparte de la temperatura adecuada, se afirma que debe haber presencia de agua y algún sistema que permita la generación de oxígeno (si tenemos en cuenta la vida aeróbica), pero muy pocas veces se menciona que otra de las condiciones para que exista la vida tal como la conocemos en el planeta Tierra, es la presencia de **hierro**. La vida en todos sus aspectos, desde la generación de nutrientes (aminoácidos para la síntesis de proteínas), aprovechamiento de los mismos para crecimiento y desarrollo (oxidación para generar energía en los sistemas aeróbicos que dependen del oxígeno, o sistemas anaeróbicos que dependen del azufre, entre otros elementos), eliminación de los desechos tóxicos (xenobióticos), todo requiere la presencia de hierro. Por lo tanto, el hierro es fundamental para nuestra existencia y todo lo que sea vida.

### **Importancia histórica y económica**

- Uso ceremonial en el 2º y 3º milenio a.C.
- Siglos XII a X a.C., transición de armas de bronce a hierro (Edad del Hierro).
- Su uso se generalizó durante la Revolución Industrial.
- A finales del siglo XVIII y comienzos del XIX se empieza a

emplear ampliamente como elemento estructural.

- Actualmente, constituye el 95% en peso de la producción mundial de metal, como acero y fundición. [1]

### **Resumen histórico de investigaciones y usos en medicina**

- Los griegos le administraban hierro en forma de sales a los soldados heridos para recuperarlos de la debilidad causada por las heridas en batalla.
- Siglo XVIII - Menghini muestra que la sangre contiene hierro al elevar la sangre seca con un imán.
- 1825 - Se determinó que el contenido de hierro de hemoglobina era del 0,35%.
- 1832 - 1843 - La clorosis se definió por el bajo nivel de hierro en la sangre y la disminución de glóbulos rojos respecto a los valores nomales.
- 1872 - Boussingault describió por primera vez la esencialidad nutricional del hierro.
- 1892 - Bunge describe la vulnerabilidad especial de los niños a la deficiencia de hierro.
- 1928 - Mackay muestra que la anemia infantil se puede evitar mediante el uso de leche fortificada con hierro.
- 1960 - Se completan en gran parte los estudios sobre la clínica, fisiología y nutrición del hierro.

- Desde 1990 se comienzan a elucidar los detalles moleculares de cómo se regula el metabolismo del hierro.

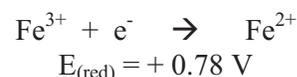
### Qué lo hace único al Fe como elemento

En la naturaleza el Fe se encuentra generalmente formando óxidos o sulfuros y representa un 5% de la corteza terrestre, que es la parte aprovechable para la vida, Es el segundo metal más abundante en la superficie de la tierra, en una concentración casi equivalente a calcio y sodio. Además, forma parte del núcleo de la Tierra desde los 2.900 a más de 6.000 km de profundidad, compuesto principalmente por hierro y níquel, y es responsable del campo magnético terrestre, lo que permite desviar las radiaciones de alta energía provenientes del viento solar y de otros sitios del universo que, en caso de llegar directamente a la superficie de la Tierra, destruirían la vida.

Es un elemento esencial para el funcionamiento de cada célula viva.

La química/bioquímica del hierro es controlada en gran parte por la química de coordinación; el entorno químico inmediato en la primera capa de coordinación. Esta primera esfera de coordinación controla la actividad biológica del hierro en el almacenamiento de moléculas pequeñas (por ejemplo, O<sub>2</sub>), transporte de electrones y catálisis.

### Potencial redox del Fe.



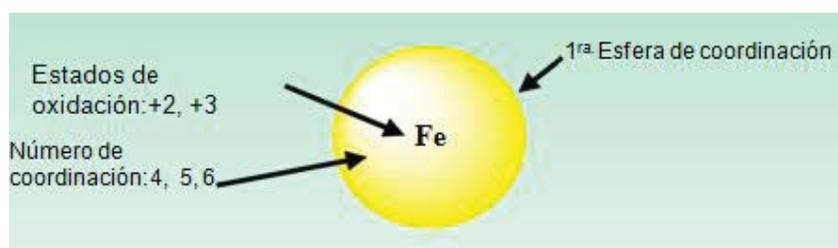
Como puede observarse en esta reacción, el potencial redox (tomando como referencia el electrodo de hidrógeno), es favorable para la especie reducida Fe<sup>2+</sup>, lo que permite que muchas de las reacciones biológicas en las que participa el hierro, como el transporte de oxígeno por la hemoglobina, sean reversibles; el otro elemento de importancia biológica que tiene esta propiedad es el cobre. Existen algunas especies como crustáceos, arácnidos y moluscos en que el transporte de oxígeno se realiza a través de la hemocianina que tiene cobre en lugar de hierro.

### Esfera de coordinación

El Fe tiene números de coordinación 4, 5 o 6, lo que le permite coordinarse con distintos quelantes y de esa manera, dependiendo de la estructura del mismo, se evita la hidrólisis/precipitación de los hidróxidos y óxidos de hierro. Esto influye sobre el reconocimiento molecular, controla el potencial redox y controla la movilidad.

Los quelantes fuertes previenen la insolubilidad y la precipitación.

El hierro (III) es un ácido de Lewis duro y se une a los donantes de base de Lewis duros (por ejemplo: O, N de amina) y el hierro (II) es un ácido de Lewis blando y se une a donantes de base de Lewis blandos.



### Quelantes comunes que participan en reacciones del Fe en sistemas biológicos

Los grupos donadores de ligando de hierro comunes en biología son: cadenas laterales de aminoácidos, tales como amina (I), carboxilato (II), imidazol (III), fenol (IV) y tiol (V). Otros grupos ligantes incluyen  $\alpha$ -hidroxi-carboxilato (VI), catecolato (VII), hidroxamato (VIII) y porfirina (IX) (Figura 1)

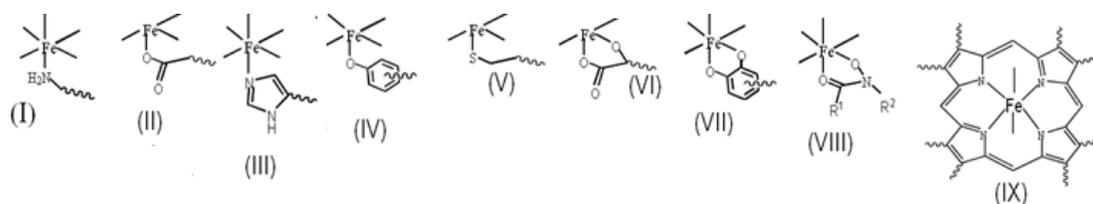


Figura 1

### Importancia biológica

El hierro es vital para los organismos vivos, pero es muy tóxico, por eso es esencial almacenar y liberar hierro de manera controlada. Este problema se resuelve en las células gracias al almacenamiento de hierro mediante ferritinas, familia de proteínas que secuestran Fe dentro de una carcasa de proteína, como un mineral hidratado de óxido férrico-fosfato  $[\text{FeO}(\text{OH})]_8[\text{FeO}(\text{H}_2\text{PO}_4)]$ , similar en estructura al mineral ferrihidrita.

El Hierro cumple un papel vital en el crecimiento y supervivencia de los seres vivos.

Se encuentra distribuido de dos formas: (1) **70%** como hierro funcional: Eritrocitos (65%), Tisular: Mioglobinas (4%), Enzimas dependientes de hierro (1%). (2) **30%** como hierro de depósito: Ferritina, Hemosiderina, Hemoglobina, Transferrina, Ferredoxina.

### Ciclo del Nitrógeno: Producción de nutrientes nitrogenados a partir de nitrógeno atmosférico

El Fe es fundamental en el inicio del ciclo de los nutrientes, ya que fija el  $\text{N}_2$  atmosférico que luego dará origen a los aminoácidos y todos los otros compuestos nitrogenados del organismo. (Figura 2).

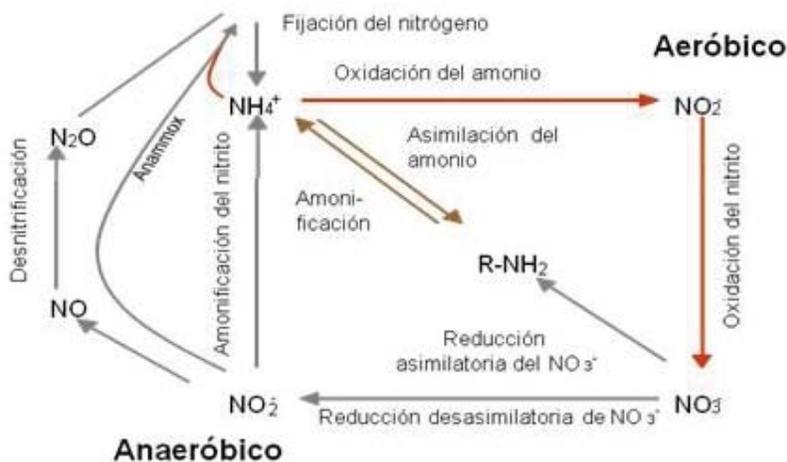


Figura 2

Estas reacciones las llevan a cabo distintos organismos como *Rhizobium* (bacterias Gram negativas del suelo que fijan el nitrógeno atmosférico), algas verde azuladas (o cianobacterias), etc., en presencia de luz y por mediación del complejo nitrogenasa que contiene hierro.

Algunos de estos microorganismos se inyectan en cultivos de importancia comercial, como por ejemplo, soja, para mejor aprovechamiento del nitrógeno atmosférico y su conversión final en proteínas de valor alimenticio. [2]



El complejo de fijación de  $\text{N}_2$  está conformado por dos nitrogenasas:

- I. Dinitrogenasa, proteína de Fe-Mo.
- II. Dinitrogenasa - Reductasa, proteína de Fe-S.

Ambas proteínas son sensibles al  $\text{O}_2$ .

### Transporte de oxígeno

El hierro se encuentra presente en el grupo *hemo*, que es el responsable de

transportar oxígeno a través del organismo para producir las reacciones necesarias para sostener la vida (Figura 3). Esto es posible gracias a los distintos números de coordinación del Fe y la propiedad de pasar de una estructura a otra y de un estado de oxidación a otro en forma reversible (Figura 4). [3]

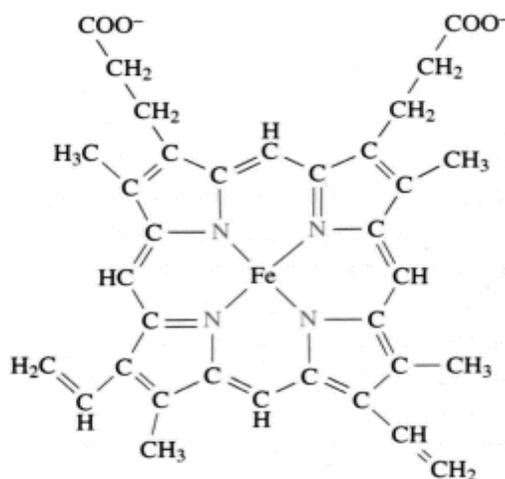


Figura 3

### Grupo Hemo

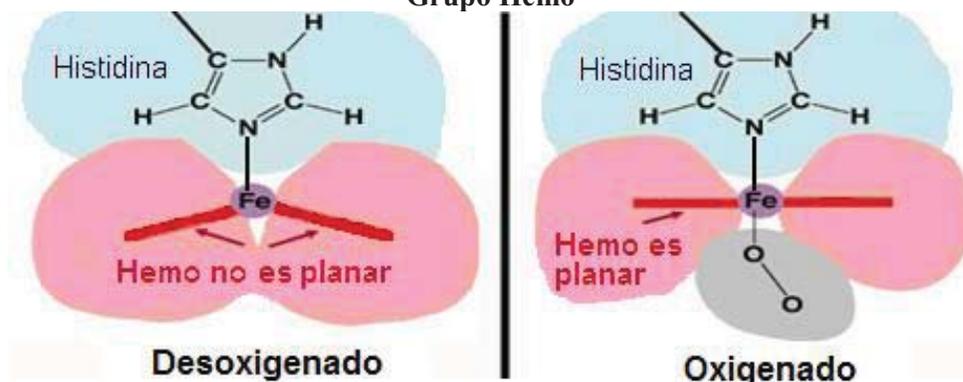


Figura 4

### Proteínas que contienen hierro

Muchas proteínas de importancia fundamental en organismos vivos contienen hierro; participan en el metabolismo (ej, hemoglobina, mioglobina), reserva (ej. ferritina y hemosiderina) y muchas otras funciones vitales.

Las proteínas que contienen Fe pueden dividirse en los siguientes grupos [4], [5]:

**Hemoproteínas:** Hemoglobina, Mioglobina, Citocromos, otras enzimas.

**Enzimas Fe-S:** Flavoproteínas, Hemo Flavo Proteínas, Enzimas 2Fe-2S, Enzimas 4Fe-4S, otras enzimas.

**Otras Fe proteínas:** Ferritina, Hemosiderina, Transferrina y otras.

**Enzimas activadas por Fe.**

### **Qué sucede si hay defecto o exceso de hierro en el organismo**

El hierro se almacena en el hígado, el bazo y otros tejidos y como hemos visto es una parte esencial de muchas de las proteínas y enzimas del cuerpo.

La deficiencia causa anemia que es uno de los desórdenes alimenticios más comunes en la población mundial.

Nuestro cuerpo no puede excretarlo, pero si está sobrecargado resulta en hemocromatosis, que es el envenenamiento de órganos con hierro y está relacionado con enfermedades como cáncer, cirrosis hepática, diabetes, problemas cardíacos, artritis, etc., y hemosiderosis que es la acumulación de hierro en el organismo, (hígado, ganglios linfáticos, médula ósea, páncreas y bazo), que no produce daño en sí misma, pero puede degenerar en hemocromatosis. [6], [7]

### **Interacciones Minerales**

El hierro participa en interacciones con otros minerales para controlar su concentración, ya que el exceso o deficiencia de los mismos puede ser perjudicial.

Algunos ejemplos:

#### **Fe-Cu**

- La deficiencia de Cu causa la acumulación de hierro porque el hierro no puede movilizarse en los tejidos.
- Las ratas macho deficientes en Cu absorben menos Fe y, en consecuencia, resultan ser severamente anémicas.

La deficiencia de cobre en la dieta reduce la absorción de hierro y la proteína hefestidina enterocitaria duodenal en ratas macho y hembra. [8]

#### **Fe-Zn**

- Las altas dosis de suplementos de hierro tomadas junto con suplementos de zinc en un estómago vacío pueden inhibir la absorción de zinc. Cuando se toma con alimentos, el hierro suplementario no parece inhibir la absorción de zinc. Los alimentos enriquecidos con hierro no tienen ningún efecto sobre la absorción de zinc.
- Cuando se administró a adultos proporciones de Zn en solución se encontró hierro > 2:1 que compiten por la absorción con zinc.
- El transportador metálico divalente 1 (DMT1) tiene una afinidad tanto por Fe como por Zn.
- Estudios recientes han demostrado que Zn tiene un transportador específico, Zn transportador (ZIN), en la membrana apical y ZIP es el principal transportador de Zn porque el Fe desorganiza la absorción de Zn, no a la inversa.

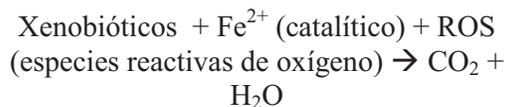
#### **Fe-Mn**

- Cuando la ingesta de hierro es mínima, un pequeño exceso de Mn causa anemia y bajo contenido sérico de hierro en un cordero.
- El hierro no hemo es antagonista del manganeso, pero no el hierro hemo.
- La absorción de Mn de una comida se reduce a medida que aumenta el contenido de hierro de la harina. La absorción intestinal de Mn se incrementa durante la deficiencia de hierro, y el aumento de los niveles de ferritina se asocia con una disminución de la absorción de Mn. [9]

### **Eliminación de residuos tóxicos (xenobióticos).**

El hierro también es necesario para eliminar los residuos tóxicos del

organismo mediante la reacción de Fenton. [10], [11], [12]



### Uso de nanopartículas de hierro en biomedicina: Fe como nanopartículas en hipertermia para tratamiento de tumores

Hipócrates: “Las enfermedades que los medicamentos no curan, el cuchillo cura; las que el cuchillo no puede curar, las cura el fuego; las que el fuego no puede curar, deben considerarse completamente intratables”.

El problema, sin embargo, es que las células deben ser calentadas a 43 °C para ser destruidas, ya que nuestra temperatura corporal normal es de 37 °C, un cuerpo humano no se puede calentar hasta esa temperatura sin consecuencias indeseables. Esto significa que para poder usar la hipertermia, los médicos tienen que ser capaces de calentar *selectivamente* sólo las células que quieren matar, dejando intactas todas las otras partes del cuerpo.

Aquí entran las nanopartículas. Existe un tipo de fluido magnético, conocido como ferrofluido, que está hecho de partículas de óxido de hierro (comúnmente magnetita) y miden menos de 100 nm de tamaño. [13] Estos ferrofluidos se llaman superparamagnéticos. Esto significa que no se magnetizan hasta que se les aplique un campo magnético externo. Un ferrofluido parece un líquido regular hasta que se aproxima a un imán, cuando de repente se organiza en picos y valles únicos.

Debido al tamaño de las nanopartículas, el ferrofluido puede ser inyectado directamente en las células cancerosas y se propagará a través de un tumor sin dispersarse alrededor del mismo. A continuación, se aplica al paciente un campo magnético alterno. Este campo magnético alterno crea pequeñas corrientes que atraviesan el ferrofluido, y emiten

calor debido a la resistencia y de esta manera se destruyen las células tumorales. [13]

### Conclusiones

Como hemos podido ver en este resumen sobre la importancia del hierro para la vida tal como la conocemos, la misma no puede existir sin su presencia, comenzando por la protección que nos brinda el campo magnético terrestre. Es necesario por todos los organismos a lo largo de los ciclos de vida.

Tiene función inmune, ya que participa en el sistema de protección contra enfermedades del organismo. Es de primordial importancia en el desarrollo cognitivo, por lo cual la alimentación fundamentalmente en la edad temprana tiene que tener aporte de hierro, sobre todo presentes en alimentos de origen animal, para tener un buen desarrollo del cerebro.

Participa en el rendimiento físico, por su función en el transporte de oxígeno a los músculos a través de la hemoglobina y la mioglobina.

Es parte de la hemoglobina y la mioglobina que transportan oxígeno por todo el cuerpo, participa en muchas otras funciones fisiológicas importantes, desde la conversión del nitrógeno atmosférico en nutrientes, el transporte de oxígeno para producir energía que sustente la vida hasta la eliminación de los desechos tóxicos. Todo lo cual da origen al título de este artículo: *de hierro somos*.

### AGRADECIMIENTOS

A mis maestros, colegas y colaboradores.

### REFERENCIAS

[1] Toussaint F. (hijo) y Barraca J.M. (traductores) *La conquista del acero: Desde el mineral hasta la obtención del acero*. Traducción de: Toussaint F. *Der Weg des Eisens*. 4ª. Edición. Düsseldorf: Stahleisen M.B.H.; 1960.

- [2] Hoffman B. M., Lukoyanov D., Yang Z-Y, Dean D. R., Seefeldt L. C. Mechanism of nitrogen fixation by nitrogenase: the next stage. *Chem. Rev.* **2014**; *114* (8), 4041–4062.
- [3] Gupta A. S. Hemoglobin-based oxygen carriers: Current state-of-the-art and novel molecules. *Shock* **2019**; *52* (1), 70–83. doi:10.1097/SHK.0000000000001009.
- [4] Eisenstein R. S. Iron regulatory proteins and the molecular control of mammalian iron metabolism. *Ann. Rev. Nutr.* **2000**; *20*, 627–662.
- [5] Corrales-Agudelo V., Parra-Sosa B. E., Burgos-Herrera L. C. Proteínas relacionadas con el metabolismo del hierro corporal. *Perspect. Nutr. Humana* **2016**; *18*, 95–116.
- [6] Lane D. J. R., Bae D. H., Merlot A. M., Sahni S., Richardson D. R. Duodenal cytochrome *b* (DCYTB) in iron metabolism: an update on function and regulation. *Nutrients* **2015**; *7* (4), 2274–2296.
- [7] Saito H., Tomita A., Ohashi H., Maeda H., Hayashi H., Naoe T. Determination of ferritin and hemosiderin iron in patients with normal iron stores and iron overload by serum ferritin kinetics. *Nagoya J. Med. Sci.* **2012**; *74* (1-2), 39–49.
- [8] Vashchenko G., MacGillivray R.T. Multi-copper oxidases and human iron metabolism. *Nutrients* **2013**; *5* (7), 2289–2313.
- [9] Nishito Y., Kambe T. Absorption mechanisms of iron, copper, and zinc: an overview. *J. Nutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo)* **2018**; *64* (1), 1–7. DOI: 10.3177/jnsv.64.1.
- [10] Vitale A. A., Bernatene E. A., Vitale M. G., Pomilio A. B. New Insights of the Fenton reaction using glycerol as the experimental model. Effect of O<sub>2</sub>, inhibition by Mg<sup>2+</sup>, and oxidation state of Fe. *J. Phys. Chem. A*, **2016**; *120* (28), 5435–5445. DOI: 10.1021/acs.jpca.6b03805.
- [11] Vitale A. A., Bernatene E. A., Pomilio A. B. Inhibition of Fenton reaction of glucose by alcohols and tetrahydrofuran in catalytic concentrations. calculation of the stability constants of ROH/Fe<sup>2+</sup> complexes *Current. Phys. Chem.* **2022**; *12* (1), 76–87. DOI: 10.2174/1877946812666211217152703.
- [12] Li F., Zhao H., Shao R., Zhang X., Yu H. Enhanced Fenton reaction for xenobiotic compounds and lignin degradation fueled by quinone redox cycling by lytic polysaccharide monooxygenases. *J. Agric. Food Chem.* **2021**; *69* (25), 7104–7114. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c01684.
- [13] Oehlsen O., Cervantes-Ramírez S. I., Cervantes-Avilés P., Medina-Velo I. A. Approaches on ferrofluid synthesis and applications: current status and future perspectives. *ACS Omega* **2022**; *7* (4), 3134–3150. DOI: 10.1021/acsomega.1c05631.

**CON LA MIEL EN LA SANGRE.  
LA EXPERIENCIA PRÁCTICA DE UN APICULOR BONAERENSE: LA  
APICULTURA Y LOS PEQUEÑOS GRANDES DETALLES PARA LLEGAR  
AL ÉXITO.**

**Anselmo Martz**

Apiarios “Las Rosadas”, de Anselmo Roque Martz e hijo, Calle 8 N° 202, 8144-Teniente Origone. 0054-291 4911003 [anselmomartz@hotmail.com](mailto:anselmomartz@hotmail.com). Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

**Resumen:** En este trabajo se presentará el esfuerzo de un apicultor argentino asentado en la Provincia de Buenos Aires, cuyo trabajo apoya al desarrollo de la economía argentina y a través de su cotidiana tarea contribuye a generar uno de los bienes de consumo de alta calidad para el mercado local e internacional.

La experiencia del autor está acreditada en más de 48 años de trabajo en el campo de la apicultura, el aprovechamiento de las tecnologías para incrementar la producción y la introducción de técnicas para combatir las pestes, como la varroasis, que le han llevado a dictar numerosos cursos de capacitación y asesoramiento a distintas instituciones nacionales en Argentina y en países, como México, Uruguay, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Portugal, incluyendo la participación en foros sobre la temática,

La actividad del autor, iniciada alrededor de 1974, le ha llevado a instalar más de 1100 colmenas en el sur de la provincia de Buenos Aires. La calidad de las mieles claras que produce en sus instalaciones en la Provincia de Buenos Aires fue reconocida por *Encuentros Nacionales y del Mercosur de Apicultura* mediante los premios MACIA 2002 y 2016.

### **Introducción**

Todos los apicultores entendemos que no existe un único manual donde se describa cómo trabajar las colmenas y claro, de ser así, sería como darle al apicultor potencial o en formación, una

herramienta para comprender todas las variables a tener en cuenta en la instalación de colmenas. Es como entregarle un vehículo a alguien por experimentado en su manejo, sin señalarle las condiciones en las que accionar el freno, con un resultado peligroso o fatal. Esta analogía sencilla es para comprender que la mala praxis o falta de entrenamiento en apicultura puede suceder con nuestras colmenas.

La distribución geográfica, tanto en Argentina como en otras regiones del mundo, constituye una variable importante al momento de establecer esta actividad. Para cada región tendremos que adaptar un manejo “*a gusto*” y adecuado para desarrollar un emprendimiento rentable.

A gusto: porque existe en cada lugar o región una Geografía diferente, sea por la altura del nivel del mar, vientos, frecuencias de lluvias, fríos, altas temperaturas, otros.

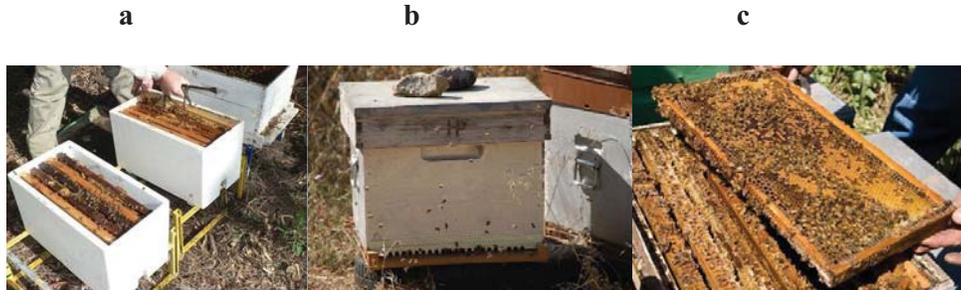
Hoy en día se llegará más rápido al éxito si somos eficientes en la producción, en los conocimientos y en la información, buscando un manejo integral y perfeccionista; lograríamos de esta manera un equilibrio para avanzar en forma positiva, de lo contrario solo obtendríamos resultados buenos, en años buenos.

### **Colmenas**

En la apicultura moderna se emplean ampliamente las colmenas de panales o

marcos móviles. Este tipo de colmenas, que se venden o construyen se presentan en distintos tamaños y altura. Una gran ventaja es que en su interior todas tienen cuadros de madera móviles que

permiten una explotación racional sin necesidad de destrucción del nido de cría (Figura 1).



**Figura 1:** De izquierda a derecha, (a) Cámara y núcleos. (b) Colmena. (c) Cuadro móvil. Fuentes:

(a) <https://ar.images.search.yahoo.com/search/images?p=cámara/y/núcleos>.

(b) <https://es.wikipedia.org/wiki/Colmena>.

(c) [https://es.wikipedia.org/wiki/Cuadro\\_móvil](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuadro_móvil).

### **Lineamientos generales en el trabajo del apicultor**

Para desarrollar el emprendimiento en la tecnología que sustenta la apicultura hay que considerar las siguientes variables:

- a) Genética
- b) Medio ambiente
- c) Registros
- d) Gestión/Presupuestos
- e) Inventario
- f) Proyectos
- g) Contactos
- h) Relaciones Humanas
- i) Capacitación
- j) Observación
- k) Diferenciación de la miel
- l) *Asociativismo*
- m) Otros

**a)** Si las colmenas están en una región donde los inviernos son largos y muy fríos, tendremos que buscar reinas compatibles con esa geografía y nuevamente adecuar un manejo, donde quizás la reina nos será útil por más de dos años.

Pero si las colmenas se encuentran en regiones cálidas, la situación es diferente y la reina seguramente no resistirá más de un año.

Si polinizamos y hacemos trashumancia o si vendemos material vivo, necesitaremos un manejo donde, primero; nuestras reinas deberán ser muy prolíficas e instrumentar la técnica de alimentación y suplementación correspondiente.

Para cada caso deberíamos encontrar un tipo de genética que nos exprese lo que buscamos, tener claro lo que pretendemos, exigiéndonos a nosotros mismos o pedirles a los criadores de reinas, el material que nos dará la posibilidad de crecer en nuestro negocio.

Sumamos a todo esto, varios detalles que harán que la empresa crezca de una manera sencilla y eficaz.

**b)** Estudiar el medio ambiente, conocer las épocas de floraciones, épocas y registros de lluvias, ver los pronósticos extendidos.

Es fundamental llegar al objetivo con colmenas pobladas, provocando o atrasando la postura de la reina; hay que entender que el huevo recién puesto por una reina nos dará una obrera dentro de 42 días. Hoy con los métodos de alimentación y suplementación se logra llegar al punto elegido o planeado. Pero

si dentro de esos 42 días no necesitamos abejas en cantidad podríamos cometer un error si adelantamos la postura de la reina mediante una alimentación inoportuna. Fundamental, considerar las conjeturas prudentiales (Figuras 2a y 2b).



**Figura 2:** De izquierda a derecha, (a) Colmenas pobladas. (b) Colocación de tortas proteicas.

**e)** Los registros, deberán acompañarnos siempre para conocer la historia de nuestro trabajo, tareas, seguridad, inocuidad, etc.

El conjunto de estos datos nos dará la posibilidad de armar un plan de trabajo para proyectarnos, presupuestarnos, analizar los resultados con herramientas estadísticas, etc.

**d)** Gestión. La importancia de conocer nuestros costos de producción y trabajar a ciencia cierta sin correr riesgo de quebrar.

**e)** Inventario. Este registro ayuda a disponer de la información sobre el capital que uno dispone y de no comprar material u objetos que a veces tenemos guardados en algún rincón de nuestra bodega.

**f)** Proyectos. Ninguna empresa funciona sin estos. La cualidad de agudizar los pensamientos y realizar cálculos y sus proyecciones para el desarrollo de la empresa, suelen ser propicios para determinar diferentes estrategias de trabajo.

**g)** Contactos. Una buena red de relaciones de trabajo es parte del capital de un negocio o empresa.

**h)** Relaciones humanas. Es un aspecto muy recomendable para los apicultores, pues contar con conexiones o enlaces que puedan mejorar su negocio.

**i)** Capacitación. Esta es una herramienta que mantendrá actualizados a los emprendedores frente a los cambios y avances en la producción, sanidad, genética, comercialización, etc.

**j)** Observación empírica sobre las colmenas. Esta es una actividad muy relevante, pues puede permitir, sobre la base de esta investigación práctica (de base empírica) conducir a resultados novedosos para el apicultor. La observación empírica es una forma recomendable, que ejecutada de manera correcta puede conducir a un hallazgo que debe compartirse con la comunidad de apicultores y académica para generar nuevos descubrimientos.

k) Diferenciación de la miel. Los colores de la miel constituyen un factor importante pensando en la venta en el mercado local e internacional

principalmente. Lograr mieles “*Monoflorales*” o con determinación de origen, son alternativas viables y rentables (Figura 3).



**Figura 3:** Distintos colores de miel. Placa del reconocimiento MACIA 2016. En el centro, Medalla del Primer Premio MACIA-MERCOSUR (2006) en el concurso de mieles claras.

l) El *Asociativismo* es una herramienta muy válida para el apicultor, sea este pequeño, mediano o grande, para cada caso hay una relación o una posibilidad de negocio diferente. Por ello la importancia de la cantidad de miel a ofrecer y una buena manera de llegar a obtener volúmenes aceptables, es asociándose con otros apicultores.

m) Otros. Cada apicultor es responsable de sumar más detalles para conocimiento de la comunidad basados en su experiencia, manejo y geografía donde se desarrolla el emprendimiento.

**Más detalles de manejo y cuidado de las colmenas**

Otros aspectos que deben considerarse en el trabajo de campo del apicultor son los siguientes, por el impacto en los costos y beneficios finales para la producción rentable de miel.

1. Viento/Agua

2. Traslados
3. Diagnósticos permanentes
4. Madera
5. Cera
6. Piquera, Temperatura. Humedad interna y externa
7. Pintura

**1-Viento y agua:** Según mis propias observaciones, las abejas vuelan con vientos que no superen los 29 kilómetros por hora, pero si se instalan las colmenas en regiones con este régimen de vientos, se deberá tener en cuenta algunos factores para minimizar esa dificultad.

Por este motivo, es recomendable ubicar las colmenas con buenos reparos y disponibilidad de agua al alcance de la abeja. Bajo estas condiciones, las abejas, no tendrán necesidad de volar distancias alejadas del colmenar disminuyendo la dificultad de retornar a la colmena a causa del viento. Una colmena sin la provisión de agua

necesaria acarreará problemas muy pronto, detectándose, en primer término, cría salteada.

**2-Traslado:** Los traslados de colmenas son factores que producen muertes posteriores a la descarga de las colmenas y ello en la mayoría de los casos es a causa de apelotonamiento de las reinas, estrés, etc.

Es común observar las bajas de colmenas que se producen en un año, a veces sin entender el motivo. Se advierte que las colmenas que son cargadas al transporte y trasladadas en forma continua, sin detener el vehículo hasta la descarga, registran menos bajas que las observadas cuando el vehículo se detiene durante la noche y se lo vuelve a arrancar por la mañana. Esto es un factor para incrementar al doble la posibilidad de apelotonamiento.

*Traslado correcto:* Quienes hacen *trashumancia* a veces prefieren esperar hasta el último momento de la floración en curso, para luego retirar las colmenas. En general, las abejas perciben la finalización de la floración y bloquean la cámara de cría. Si se retiran las colmenas antes de la finalización de la floración mencionada y se ubican las colmenas en una nueva floración, la reina seguirá su postura ascendente logrando llegar a la mielada o polinización con mayor cantidad de población.

**3-Diagnósticos sanitarios:** Este control permite detectar problemas reales y/o potenciales, elaborar un plan sanitario a ejecutar, aplicar la naturaleza del producto para el mejor tratamiento y, en una etapa posterior, volver a diagnosticar y comprobar la eficacia del producto aplicado. El control sanitario no debe ser esporádico, sino una actividad periódica, por la importancia de conocer las enfermedades y tomar las precauciones para mantener la colonia saludable.

**4-Madera:** Este material es empleado en la construcción de los cuadros dentro de las colmenas. Por este motivo, es importante emplear maderas libres de resinas, parafinas, cera u otros productos que alteren la temperatura interior de la colmena para evitar la contaminación de la miel por agentes extraños que alteran la calidad del producto.

**5-Guarda piquera:** La piquera es una ranura que abarca casi todo el ancho de la base de la colmena. En invierno, cuando la actividad de la abeja es reducida, esta ranura se mantiene prácticamente cerrada por medio de una madera denominada guarda piquera. Si a esta guarda se la deja colocada todo el año, a las abejas le permitirá mantener un control de la temperatura y la humedad adecuada a sus necesidades dentro de la colmena. La ventilación puede favorecerse colocando la colmena debajo de un árbol.

**6-Pintura:** Para un mejor desarrollo de la colmena y el control interno de la temperatura, se recomienda el empleo de pinturas de color blanco.

Los aspectos mencionados no son criterios cerrados. Todavía queda mucho por aprender y descubrir en las actividades apícolas. En esta dirección, existe un campo abierto para que cualquiera que tenga interés sobre esta hermosa actividad, ame a la naturaleza y a las abejas, puede conseguir y lograr algo que sirva para entender y mejorar la producción.

#### **Formación de núcleos de un solo cuadro con Celdas Reales.**

En esta sección describiré algunos aspectos del método aplicado por el autor y sus colaboradores, sin dejar de reconocer que hay diferentes maneras de formarlos y que para ello es como

dice el refrán “*cada maestrillo con su librillo*”.

La granja apícola es, en nuestro caso, un emprendimiento familiar, el autor y su hijo, quien es su colaborador más estrecho. En este sentido ambos llevamos varios años usando este sistema que a continuación se detalla:

En primer lugar, necesitamos tener muy claro el objetivo que se persigue, donde importan direccionar los esfuerzos. Así, es importante considerar los siguientes aspectos,

- Recambio de reinas con la introducción de núcleos en colmenas.
- Fecundación de reinas. Este objetivo incluye la venta de ellas.
- Completar la cámara de cría y poder cosecharlos en pocos meses.

Comenzamos a preparar los núcleos aproximadamente entre 80 y 90 días antes de la *mielada*. Basado en la experiencia personal, este lapso es suficiente para el desarrollo total, siempre y cuando dispongamos de un número suficiente de zánganos para garantizar una buena fecundación.

Para ello necesitamos tener colmenas fuertes para el desarrollo de la cría y abejas, lo que se logra aplicando la práctica de alimentación y suplementación.

**Todos nuestros núcleos los hacemos con un solo cuadro de cría, ¿y por qué?**

- Porque le restamos un solo cuadro de cría a la colmena y entendemos que esto nos permite comenzar antes con la formación de núcleos.

- Porque si me fracasa el núcleo por problemas de fecundación de alguna reina u otros (estos son riesgos que se corren siempre) no debilité en demasía la colmena y solo perdí un cuadro de cría.
- Porque con un solo cuadro de cría que extraigo de una colmena al resto del núcleo o cámara de cría, lo completo con cuadros nuevos con cera estampada. Se supone que de esta manera minimizo los riesgos de algún agente patógeno que pueda haber tenido la colmena a la cual extraje el cuadro de cría.
- Porque la celda real es mejor aceptada, que con mayor cantidad de cuadros de cría más las abejas.
- Porque mientras comienza la postura la nueva reina del núcleo y a la cual le agregué una celda real, este núcleo avanza en su desarrollo y también la colmena a la cual extraje el cuadro de cría más las abejas; se recupera como para proveerme nuevamente de cuadros de cría para reforzar el núcleo inicial.

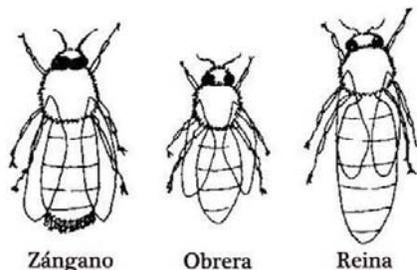
**Elementos necesarios para la formación del núcleo y cómo realizarlo.**

- Un núcleo del tamaño de tres a cinco cuadros o una cámara nueva o desinfectada, para no correr riesgos de contagio en caso que hubiera tenido alguna enfermedad aquella población que estuvo antes allí.
- Un alimentador.
- Cuadros con cera estampada.
- Un cuadro de cría con sus abejas adheridas.

- 800 gramos de abejas aproximadamente para agregar al núcleo.
- Una celda real.
- Un cobertor (un nylon de 40 x 40 centímetros que sirva para cubrir la mayor parte de la población y mantener una temperatura que favorezca la continuidad del núcleo).
- Determinar un apiario con resguardo de los vientos y con buena población de zánganos, donde serán colocados los núcleos.

En todo este proceso es necesario tener en cuenta algunos o todos los siguientes puntos:

- a) En primer lugar, hay que localizar a la reina para darnos la tranquilidad de no llevarla al núcleo.
- b) Las abejas, zánganos y reinas se distinguen entre sí, tal como se muestra en la siguiente Figura 4, lo que permite el reconocimiento de la reina para el apicultor.



**Figura 4:** Características de las abejas. A la derecha, celdas reales.

- c) De una colmena sana y con buena población debe extraerse un cuadro de cría sellada y con abejas próximas a nacer.
- d) El cuadro de cría con sus abejas adheridas dentro del nuclero o cámara se coloca al lado del alimentador.
- e) Se incorporan 800 gramos aproximadamente de abejas de la misma colmena de donde se retira el cuadro de cría o de otra. La mezcla de abejas en esa cantidad no afecta el comportamiento de las mismas.
- f) Se carga inmediatamente el nuevo núcleo al transporte y se lo tapa con una malla o tela oscura, para que las abejas se tranquilicen y no retornen a la colmena o se vayan hacia otras colmenas. Con esta precaución no es necesario tapar o cerrar la piquera del núcleo.
- g) Se continúa con la formación de núcleos hasta alcanzar los objetivos previstos al iniciar este proceso.
- h) Se trasladan los mismos a su nuevo sitio, que debe quedar ubicado a más de 2 kilómetros de las colmenas originales para que las abejas no retornen al apiario.
- i) Es muy importante ubicar los núcleos en un lugar protegido del viento para una mejor fecundación, donde además debe ya existir un buen apiario instalado con colmenas vigorosas, para que nos provean de suficientes zánganos para la fecundación de las reinas de los nuevos núcleos.

- j) Ubicado el núcleo se puede, optativamente, agregarle jarabe de azúcar al 66% como alimento. Esta alimentación puede actuar como estímulo para incrementar la aceptación de la celda.
- k) El tiempo de espera para la introducción de celdas reales, esperando buenos resultados, no tiene que ser en inmediato sino dentro de las 72 horas; en este caso se recomienda destruir las celdas naturales que ellas mismas levantaron. La experiencia del autor, indica que la introducción de celdas reales es más efectiva cuando se colocan a las 24 horas.
- l) A los tres días de colocada la celda real, se recomienda revisar el nacimiento de la reina. En caso negativo se vuelve a colocar una nueva celda.
- m) En muchos casos no se dispone de tiempo, que es tirano, para retornar y ver el nacimiento de la reina. Sin embargo, deben controlarse los núcleos a los 20 días, y cuando la nueva colmena está en pleno desarrollo la operación previa se debe considerar exitosa. En caso de observar algunos núcleos sin postura se procede a eliminarlos, sacudiendo las abejas a unos 7 metros del resto de los núcleos. Los cuadros que tengan miel o cera estirada se los usa para completar núcleos o cámaras de cría.
- n) Igualmente, a los 10 días aproximados de formado el núcleo, debe verificarse si el alimento que tienen es suficiente. Una buena alimentación con jarabe de azúcar (alimento optativo) es muy importante porque no solo favorece a la alimentación de las

abejas, sino que ellas logran elaborar con más facilidad la cera.

En la experiencia del autor, se recomienda tocar lo menos posible los núcleos. Si hace falta alimentar a las abejas, conviene echar solo un poco de humo, alimentar, cerrar la colmena sin golpear. Esta operación deja tranquilas a las abejas, ya que ante cualquier anomalía suelen apelotonarse o asfixiar a la reina.

Si todo se desarrolló con normalidad, en un período entre los 21 y 30 días, nuestros núcleos ya están en condiciones de pasarlos a la cámara y aunque esto parezca muy prematuro, no lo es tan así, porque la nueva reina completará prontamente el nuclero con postura y cría. A esta altura debe actuarse con sumo cuidado. Debe tenerse presente que, recordemos que nuestra reina tiene solo un mes de vida y aun puede ser apelotonada o ser asfixiada por las abejas.

Finalmente, se corre el núcleo a un costado para colocar en su lugar una cámara y pondremos la población del núcleo adentro; veremos nuevamente por el alimento.

### **Marcado de la Reina**

Las reinas se marcan con el color correspondiente al año apícola (ver Nota del Editor). Este marcado permite reconocer el año y edad de la reina.

En nuestro apiario, por razones de comodidad o practicidad, solo marcamos la cámara en su parte trasera, con pintura común, pero con el color del año apícola.

Ni bien tenemos nuestras futuras colmenas en marcha, retornamos al apiario que nos dio el cuadro de cría inicial y sus abejas, le retiramos nuevamente uno o más cuadros de cría. En este caso, no hace falta que tengan sus abejas adheridas, solo tener cuidado que esos cuadros no tomen frío, por lo

que deben ser inmediatamente colocados a las nuevas colmenas o exnúcleos.

Luego, en nuestras cámaras nuevas colocamos uno o más cuadros de cría sellada. Al poco tiempo observaremos que éstas se hallarán en pleno desarrollo permitiendo que se alcance nuestro objetivo, ¡¡¡la mielada!!!

Lo importante es mantener un equilibrio en los dos casos, que nuestra colmena que nos proveyó los cuadros de cría no quede débil y llegar a la mielada con buena población y que nuestras nuevas colmenas vayan aumentando su población en forma progresiva.

Si todo funciona en las vías normales, que la reina haya sido bien fecundada, que no le hiciéramos faltar el alimento, que no se enfriaran nuestros núcleos o luego cámara de cría, podremos contar como colmenas productivas a nuestros núcleos formados hace solo 80 o 90 días.

En caso que quisiéramos formar nuestros núcleos con una reina fecundada solo nos adelantará el proceso entre 11 y 17 días aproximadamente.

### **Una peste frecuente: la varroasis**

Esta enfermedad varroosis o varroasis, la produce un género de ácaros denominado *Varroa* (Figura 5), el que debe ser combatido y erradicado de las colmenas. Desde su aparición en Argentina, se ha instalado en distintas regiones, convirtiéndose en una enfermedad endémica.

Este *ácaro* es un parásito externo que afecta a la *Apis mellifera* reproduciéndose en los estadios larvales de las abejas.

El nivel de contagio es un factor decisivo para activar los tratamientos. El diagnóstico se basa en contar visualmente el número de ácaros.



**Figura 5:** Ácaro *Varroa*. Fuente:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Varroa#/media/Archivo:Varroa\\_Mite.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Varroa#/media/Archivo:Varroa_Mite.jpg)

Para contar los ácaros muertos, se coloca en la base de la colmena, una hoja en blanco engrasada que facilita su adherencia (Figura 6) y se realiza el conteo a las 24 horas. Se considera que el nivel de infestación es alto si se cuentan más de 10 ácaros.

No es el único método al que se puede recurrir. En otros casos, se abren las celdas, se sacude el cuadro y se cuentan los ácaros y el número de pupas que se recogen sobre un papel blanco.



**Figura 6:** Muestra de ácaros y pupas recogidas sobre papel (Foto del autor).

### Tratamiento contra la *varroasis*

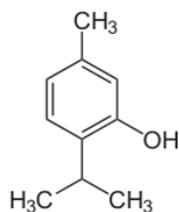
No hay un único tipo de tratamiento para combatir al ácaro, entre los que pueden mencionarse los siguientes, algunos de los cuales pueden ser de naturaleza química con leves niveles de toxicidad y físicos. Entre los químicos, pueden señalarse, entre otros:

- Ácidos orgánicos como el oxálico, fórmico, láctico, adecuados en la producción ecológica.
- Extractos vegetales, como el timol y la rotenona.

Entre los físicos se cuentan todos los que permitan aumentar la temperatura de la colmena, como el empleo de *caloventores*.

El ácaro es sensible a la temperatura y por encima de 36°C muere y se desprende de las pupas sobre el que está adherido y se alimenta.

El autor posee una amplia experiencia en el uso del timol en cristales (Figura 7) que le ha brindado altos resultados para combatir esta infección.



**Figura 7:** Estructura del timol (2-*isopropil*-5-metilfenol)

En sus experiencias de campo, el timol se coloca en bandeja sobre los cuadros de cría, ya que al sublimar, por su densidad (0,96 g.cm<sup>-3</sup>) desciende hasta la base. Dicho de otra manera, si el timol se colocase en la base de la colmena, su efecto sería cero.

La temperatura en el interior que asciende normalmente a unos 35°C se eleva hasta unos 38°C. El timol desarrolla un vapor poco agradable, que genera el aleteo de las abejas. Esta actividad mecánica favorece un incremento de la temperatura y a su vez

la sublimación del timol, favoreciendo una mayor efectividad en el tratamiento y a la vez para expulsar el vapor de la cámara.

Esta sustancia no afecta la calidad de la miel. Los ácaros se desprenden y caen en la base de la colmena para retirarlos posteriormente de la misma.

Por su experiencia en el campo de la apicultura y el combate de *varroasis*, el autor ha sido invitado por distintas instituciones nacionales e internacionales para dictar cursos sobre estos temas (Figura 8).



**Figura 8:** Capacitación de apicultores a cargo de Anselmo Martz en la Universidad de Nicoya, Costa Rica. Foto del autor.

## Conclusiones

En resumen, varios son los detalles a considerar o a tener en cuenta al momento de preparar el ejército de abejas para salir a libar el néctar.

- **Genética:** Es relevante seleccionar buenas reinas de madres.
- **Sanidad:** La salud de las abejas es tan importante como la nuestra....más sana, más vida. Dentro de las colmenas es muy frecuente encontrar ácaros, hongos, bacterias, virus, etc., por lo que requiere prestar atención y combatirlos.
- **Nutrición:** Las proteínas corporales de las abejas varían entre el 21 al 67 %, las que dependen de la calidad del polen recolectado. Hay flores que aportan el 27% de proteínas y otras casi nada por más grande que sea la flor. Dependiendo de la situación, puede ser necesario suplementar con algún preparado proteico. La longevidad de las abejas se logra gracias a buenas prácticas de sanidad y nutrición.
- **Otros factores:** El medio ambiente, que el apicultor no

puede manejar y ejerce una fuerte influencia. El uso de químicos es importante o el impacto de fertilizantes es un factor que debe cuidarse al trabajar con abejas.

- **Capacitación:** El apicultor necesita capacitarse con frecuencia e intercambiar conocimientos y experiencias con sus pares, ya que juega un papel relevante en las buenas prácticas de manejo.
- **Economía:** No hay producción que no esté ligada a los números, para ello el apicultor tiene que ser ordenado, llevando registros constantes y realizar una sana gestión económica. Hay que considerar ~~que~~ el peso relativo de los costos que se esquematizan en la Figura 9. Un alto porcentaje, del orden del 20%, resultan de los gastos de movilidad, el 10% implica gastos de alimentación y salarios, un 5% es necesario para invertir en sanidad, el resto en porcentajes similares, recambio de reinas, extracción, envases, alquileres y una pequeña fracción a reposición de material.

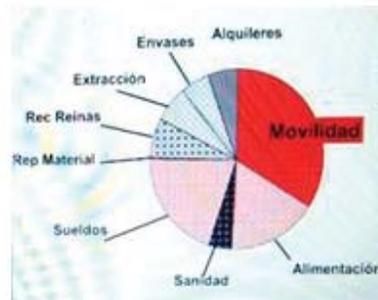


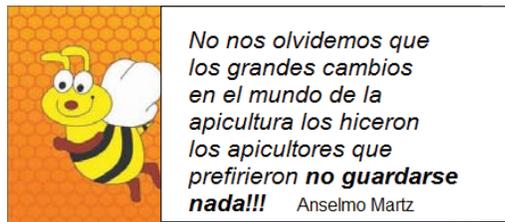
Figura 8: Distribución de gastos en distintos ítems.

- **Buenas Prácticas de Manejo, BPM:** Por suerte en la Argentina se trabaja con este criterio, somos un país exportador y necesitamos competir con el mundo teniendo en cuenta la calidad.

La apicultura además de los beneficios económicos que le reditúan al país, que exporta un gran porcentaje de su producción, lo coloca entre los primeros tres en el mercado internacional; pero las ganancias para el apicultor y su empresa, no son altos. Un hecho positivo es que esas ganancias se vuelcan sobre las poblaciones donde está instalado el emprendimiento, las mejoras en la producción, incorporación de tecnologías, capacitación.

Como consecuencia de la sequía asociada al fenómeno de la Niña, el rendimiento en la producción de miel ha descendido de unos 110 kg anuales por cada colmena, hasta niveles de 20 kg, a pesar de la introducción de los conocimientos alcanzados en la tecnología apícola. Este descenso significativo está asociada al cambio climático que nos está afectando y que en nuestra región se manifiesta en por los calores extremos, sequías y el empleo de agrotóxicos.

La apicultura, pensando a futuro, debe transformarse en un incentivo para las nuevas generaciones de jóvenes que deseen dedicarse con visión para su propio desarrollo personal y para la sociedad.



A modo de cierre, hay que tener en cuenta que la abeja solo hace miel, pero la calidad la hacen las buenas prácticas que aplique el apicultor.

**Nota del Editor:**

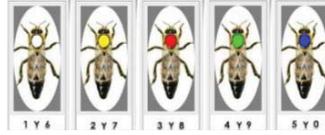
Las reinas se pintan en la parte superior del tórax con el fin de mantener un control del año en que

fueron puestas en la colmena. De esta manera sabemos fehacientemente si se produce un cambio de la reina, en virtud que las nuevas no estarán pintadas, como también la edad de la reina en una colmena.

En castellano, el código de colores se relaciona con la sigla **BARVA**, donde cada letra significa: **B**lanco para los años terminados en 1 y 6. **A**marillo para

los años terminados en 2 y 7. **Rojo** para los años terminados en 3 y 8. **Verde** para los años terminados en 4 y 9. **Azul** para los años terminados en 5 y 0.

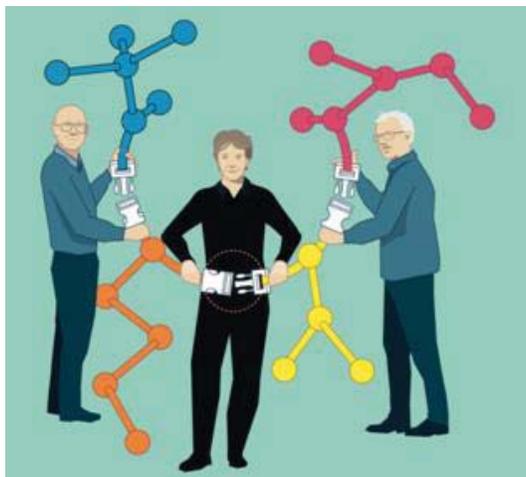
A partir del año 2023 el color del año apícola es rojo, iniciando de esta manera la secuencia aceptada en este terreno.



<https://coronaapicultores.blogspot.com/2012/11/identificacion-por-colores-color-año.html>

PREMIOS  
NOBEL

## PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2022 PARA LOS DESARROLLADORES DE INGENIOSAS HERRAMIENTAS PARA CONSTRUIR MOLÉCULAS

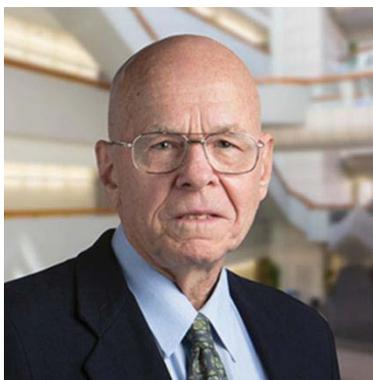


El Premio Nobel de Química 2022 fue otorgado por la Academia Sueca de Ciencias a tres científicos: el norteamericano Karl Barry Sharpless, el danés Morten Meldal y la norteamericana Carolyn Bertozzi por "el desarrollo de la *Química Clic* y la *Química Bioortogonal*" en forma independiente. Foto: Johan Jarnestad. The Royal Swedish Academy of Sciences.

**Barry Sharpless y Morten Meldal** recibieron el Premio Nobel de Química 2022 porque llevaron la Química a la era del

funcionalismo y sentaron las bases de la *Química Clic*. Comparten el premio con **Carolyn Bertozzi**, quien llevó la *Química Clic* a una nueva dimensión y comenzó a usarla para mapear células. Desarrolló la llamada *Química Bioortogonal*. Sus reacciones bioortogonales ahora están contribuyendo, entre muchas otras aplicaciones, a tratamientos más específicos contra el cáncer.

En palabras de la Dra. Bertozzi, “*hemos inventado un cortacésped en miniatura para las células del cáncer*”.



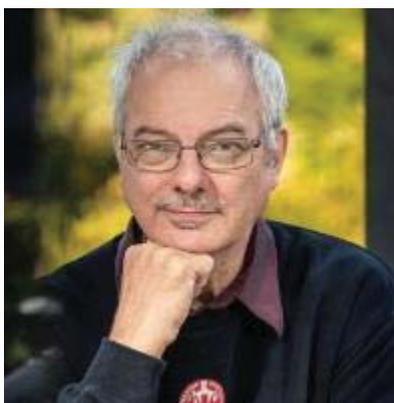
**Figura 1:** Prof. Dr. Karl Barry Sharpless.

**Karl Barry Sharpless** (Figura 1): Nació el 28 de abril 1941, en Filadelfia, PA., EE.UU. Previamente, en el año 2001 fue galardonado con el Premio Nobel de Química, convirtiéndose en la quinta persona en ganar un segundo Premio Nobel (Figura 2) [1]. Anteriormente, Linus Pauling (EE.UU, 1901-1993) recibió dos veces este premio, en Química (1954) y de la Paz (1962) y Marie Curie (Polonia 1867, Francia

1934) fue galardonada con el Premio Nobel de Física (1903) compartido con su esposo, Pierre Curie y Henry Becquerel, y el Premio Nobel de Química (1911). Frederick Sanger recibió dos veces el Premio Nobel en Química (1958 y 1980) y John Bardeen dos veces en Física (1956 y 1972). Karl Barry Sharpless es actualmente investigador en el Scripps Research Institute de La Jolla en California, EE.UU.



**Figura 2:** Actos de entrega del Premio Nobel de Química al Prof. Karl Barry Sharpless en el 2001 y en 2022 de manos del Rey Carl XVI (Fuente: *Ap/Wide World Photos*).



**Figura 3:** Prof. Dr. Morten P. Meldal.

**Morten Peter Meldal** (Figura 3) nació en Dinamarca en 1954. Su doctorado lo completó en 1986 en la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU), Lyngby. Es Profesor en la Universidad de Copenhague, Dinamarca. Es un investigador muy activo,

habiendo publicado más de 300 trabajos en Ciencias Químicas y titular de 21 patentes como resultados de estos estudios.

Cursó estudios de Ingeniería Química en la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU), graduándose con un *Ph.D.* en 1983.

Posteriormente estudió como investigador postdoctoral en el Laboratorio de Biología Molecular MRC de la Universidad de Cambridge, donde se introdujo en la Química de Péptidos, y en la Universidad de Copenhague. En 1996 regresó a DTU como Profesor Adjunto. Desde 1988 dirige el grupo de síntesis del Centro de Química Combinacional Orgánica de Fase Sólida (SPOCC) en el Departamento de Química

del Laboratorio Carlsberg, del que fue nombrado Director en 1997.

La recepción del Premio Nobel en Química por el Prof. Meldal se muestra en la Figura 4.

Morten Meldal es actualmente Profesor de Química Orgánica en el Centro de Biología Química Evolutiva de la Universidad de Copenhague [2].



**Figura 4:** El Prof. Morten Meldal recibe el Premio Nobel de Química durante la ceremonia de entrega en la Sala de Conciertos (*Konserhuset*) de Estocolmo el 10 de diciembre de 2022.



**Figura 5:** Carolyn R. Bertozzi. Es la octava mujer en ser galardonada con el Premio Nobel de Química desde su creación. En la foto de la derecha se la puede observar con el bajo que tiene en su laboratorio, en la Universidad de Stanford. Foto: Christopher Mich.

**Carolyn Ruth Bertozzi** (Figura 5) nació en Boston, Massachusetts, EE.UU., en 1966. Es una química activa de la Universidad de Stanford, donde ocupa la Cátedra Anne T.

and Robert M. Bass en la Escuela de Humanidades y Ciencias. Realizó sus estudios en la Universidad de Berkeley entre 1984 y 1988, alcanzando el grado de *Ph.D.*

en Química en 1989. Bertozzi es investigadora en el Howard Hughes Medical Institute (HHMI) y fue directora del "Molecular Foundry", en el Centro de Investigación de Nanociencia en el Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley. Además de su actividad científica, la Dra. Bertozzi, durante su juventud, mostró una afición destacada a la música, integrando un grupo de rock con el guitarrista de *Rage Against The Machine*. Es una destacada defensora de los derechos LGBT en EE.UU.

En los fundamentos del Premio Nobel (Figura 6) se destaca su contribución a la *Química Clic* y a la *Química Bioortogonal*. Hacia el año 2000, la Dra. Bertozzi comenzó a aplicar la *Química Clic* a los organismos vivos, desarrollando las reacciones bioortogonales que tienen lugar en el interior de las células sin alterar su funcionamiento normal [3].



**Figura 6:** Carolyn R. Bertozzi recibe el Premio Nobel de Química durante la ceremonia de entrega en la Sala de Conciertos (*Konserhuset*) de Estocolmo el 10 de diciembre de 2022.

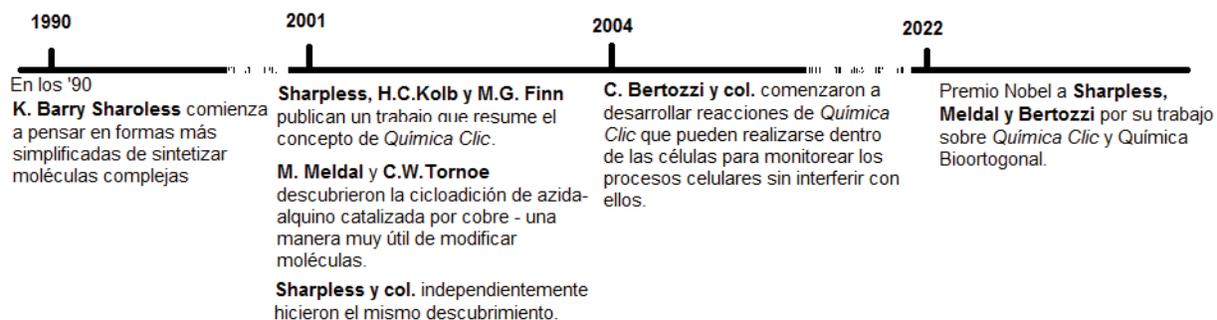
### **La importancia de las contribuciones al campo de la Química.**

Barry Sharpless llamó *Química Clic* a este método para construir moléculas, expresando que, si la Química Clic no puede proporcionar copias exactas de moléculas naturales, es posible encontrar moléculas que cumplan la misma función. La combinación de bloques de construcción químicos simples hace posible crear una inmensa variedad de moléculas, por lo que la aplicación de la *Química Clic* a la industria farmacéutica podría generar productos que fueran tan adecuados para su propósito como los que se encuentran en la

naturaleza, y que podrían producirse a escala industrial.

En su publicación de 2001, Sharpless enumeró varios criterios que deben cumplirse para que una reacción química se denomine *Química Clic* (Figura 7). Una de ellas es que la reacción debería poder ocurrir en presencia de oxígeno y en agua, que es un solvente barato y amigable con el medio ambiente.

Las azidas y los alquinos reaccionan de forma muy eficaz cuando se añaden iones cobre. Esta reacción ahora se usa globalmente para unir moléculas de una manera simple.



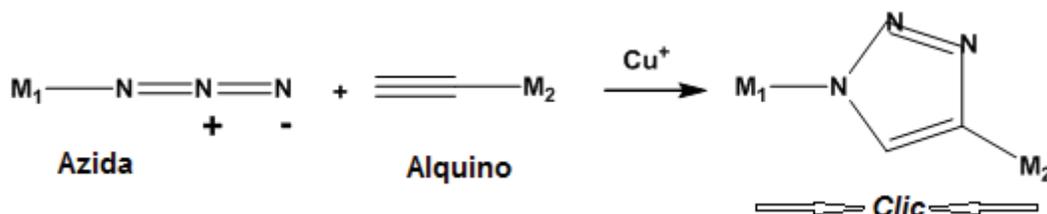
**Figura 7:** Línea de tiempo de las investigaciones realizadas por Karl Barry Sharpless Morten Meldal y Carolyn Bertozzi sobre *Química Clic* y *Química Bioortogonal*.

Morten Meldal estaba desarrollando métodos para encontrar sustancias farmacéuticas potenciales. Construyó enormes bibliotecas moleculares, que podrían incluir cientos de miles de sustancias diferentes, y luego las analizó todas para ver si alguna de ellas podía bloquear los procesos patógenos.

Mientras hacía esto, un día él y sus colegas llevaron a cabo una reacción puramente rutinaria. Su objetivo era hacer reaccionar un alquino con un haluro de acilo. La reacción generalmente transcurre sin problemas, siempre que se agreguen iones cobre y a veces iones paladio como catalizadores. Meldal analizó los productos de la reacción y encontró que el alquino había reaccionado con el extremo no

esperado de la molécula de haluro de acilo. En el extremo opuesto había un grupo azida y se formó un triazol.

Los triazoles son estructuras muy útiles; son estables y se encuentran en algunos productos farmacéuticos, colorantes y productos químicos agrícolas, entre otras cosas. Debido a estas propiedades, se había intentado sintetizarlos previamente a partir de alquinos y azidas, pero esta reacción generaba productos secundarios no deseados. Morten Meldal descubrió que los iones cobre habían controlado la reacción de modo que se formaba un solo producto y que el haluro de acilo, que debería haberse unido al alquino, permaneció intacto. Esta reacción entre azida y alquino en presencia de cobre era algo novedoso (Figura 8).



**Figura 8:** *Química Clic*. Se agrega **cobre** a la mezcla de una **azida** y un **alquino**. Los pares de compuestos hacen *clic* juntas en una reacción catalizada, para dar el producto de reacción.

Esta simplicidad ha llevado a que la reacción se vuelva muy usada, tanto en los laboratorios de investigación como en el

desarrollo industrial. Entre otras cosas, las reacciones *clic* facilitan la producción de nuevos materiales que se ajustan a su

propósito. Si un fabricante agrega una azida en la que se puede hacer *clic* a un plástico o fibra, se puede cambiar en forma sencilla el material en una etapa posterior; es posible hacer *clic* en sustancias que conducen la electricidad, captan la luz solar, antibacterianas, protectores de la radiación ultravioleta u otras propiedades deseables. En la industria farmacéutica, la *Química Clic* se utiliza para producir y optimizar sustancias que potencialmente pueden convertirse en nuevos productos farmacéuticos [4].

### **Carolyn Bertozzi y los glicanos**

Los glicanos son carbohidratos complejos que se construyen a partir de varios tipos de azúcar y, a menudo, se asientan en la superficie de las proteínas y las células. Desempeñan un papel importante en muchos procesos biológicos, como cuando los virus infectan las células o cuando se activa el sistema inmunitario. Los glicanos son, moléculas interesantes, pero el problema era que las nuevas herramientas de la Biología Molecular de la década de 1990 todavía no se podían utilizar para estudiarlos.

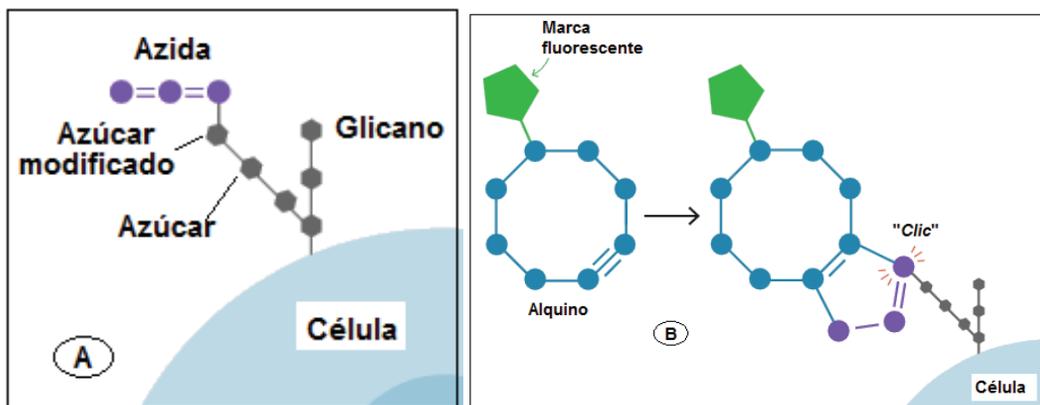
A principios de la década, Carolyn Bertozzi comenzó a mapear un glicano que atrae a las células inmunitarias a los ganglios linfáticos. La falta de herramientas eficientes significó que se necesitaron cuatro años para comprender cómo funcionaba el glicano. Este desafiante proceso la hizo buscar algo mejor, y tuvo una idea. Durante un seminario, escuchó a un científico alemán que explicó cómo había logrado que las células produjeran una variante no natural del ácido siálico, uno de los azúcares que forman los glicanos. Por lo tanto, Bertozzi comenzó a preguntarse si podría usar un método similar para hacer que las

células produzcan ácido siálico con un tipo de control químico. Si las células pudieran incorporar el ácido siálico modificado en diferentes glicanos, podría usar el identificador químico para mapearlos. Podría, por ejemplo, adjuntar una molécula fluorescente (Figura 9). La luz emitida revelaría entonces dónde estaban escondidos los glicanos en la célula.

En 1997 Carolyn Bertozzi logró demostrar que su idea realmente funcionó. El siguiente avance ocurrió en 2000, cuando encontró el tratamiento químico óptimo: una azida. Modificó una reacción conocida, la reacción de Staudinger, de una manera ingeniosa y la usó para conectar una molécula fluorescente a la azida que introdujo en los glicanos de las células. Debido a que la azida no afecta a las células, incluso se puede introducir en los seres vivos.

En ese momento, ya se conocía la nueva *Química Clic* de Morten Meldal y Barry Sharpless, por lo que Carolyn Bertozzi sabía que la azida, puede hacer *clic* rápidamente en un alquino siempre que haya iones cobre disponibles. El problema es que el cobre es tóxico para los seres vivos. Entonces, descubrió que, en 1961, se había demostrado que las azidas y los alquinos pueden reaccionar de una manera casi explosiva, sin la ayuda del cobre, si el alquino se fuerza en forma de anillo (Figura 9), la tensión crea tanta energía que la reacción transcurre sin problemas.

La reacción funcionó bien cuando la probó en células. En 2004, publicó la *reacción clic* sin cobre, llamada Cicloadición de Alquino-Azida promovida por tensión (Figura 9), y luego demostró que se puede usar para rastrear glicanos (Figura 7).

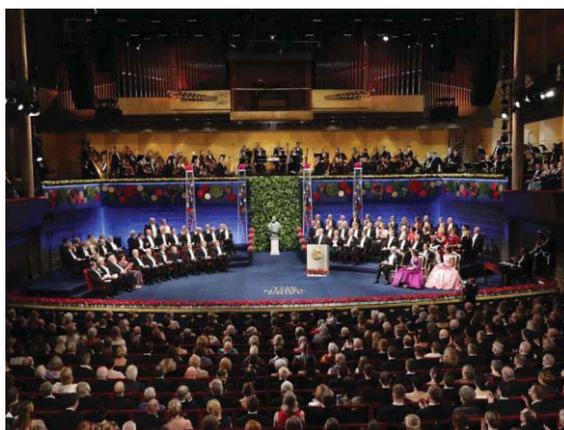


**Figura 9: Química Bioortogonal.** Seguimiento de las moléculas celulares. Para seguir el movimiento de los compuestos como los glicanos sobre la superficie celular se puede usar la Química Bioortogonal para marcarlos, por ejemplo con sonda fluorescente. **A)** Los azúcares modificados consumidos por las células ingresan en los glicanos que producen las células. **B)** Las reacciones químicas *Clic* pueden unir sondas fluorescentes a los azúcares en los glicanos.

Un área en la que se enfoca Bertozzi son los glicanos en la superficie de las células tumorales. Sus estudios han llevado a la conclusión de que algunos glicanos parecen proteger a los tumores del sistema inmunitario del cuerpo, ya que hacen que las células inmunitarias se apaguen. Para bloquear este mecanismo de protección, Bertozzi y sus colegas han creado un nuevo tipo de fármaco biológico. Han unido un

anticuerpo específico de glicanos a las enzimas que descomponen los glicanos en la superficie de las células tumorales. Este fármaco ahora se está probando en ensayos clínicos en personas con cáncer avanzado.

Toda esta historia culmina con el Premio Nobel de Química 2022 compartido por estos tres investigadores (Figura 10).



**Figura 10:** Panorámica del escenario de la Sala de Conciertos (*Konserhuset*) de Estocolmo en la ceremonia de entrega de Premios Nobel 2022. A la derecha, el rey Carlos Gustavo, la reina Silvia, el príncipe Daniel y la princesa heredera Victoria de Suecia.

## Referencias

[1] K. Barry Sharpless – Facts – 2022. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2023. Fri. 14 Apr 2023.

<<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2022/sharpless/facts/>>

[2] Morten Meldal – Facts – 2022. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2023. Sat. 15 Apr 2023.

<<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2022/meldal/facts/>>

[3] Carolyn Bertozzi – Facts – 2022. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2023. Sat. 15 Apr 2023. <<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2022/bertozzi/facts/>>

[4] Para el lector que le interese profundizar en el tema puede leer el review: Robert E. Bird, Steven A. Lemmel, Xiang Yu, and Qiongqiong Angela Zhou, Bioorthogonal Chemistry and Its Applications. *Bioconjugate Chemistry* 2021, **32**, 2457–2479.

## PREMIO NOBEL DE FÍSICA 2022 PARA LOS INVESTIGADORES DEL ENTRELAZAMIENTO CUÁNTICO

Alain Aspect, John Clauser y Anton Zeilinger han sido los ganadores del Premio Nobel de Física 2022 por sus innovadores experimentos sobre el entrelazamiento de los estados cuánticos, según los cuales, dos partículas se comportan como una sola unidad incluso cuando están separadas. Sus resultados han servido y servirán para desarrollar nuevas tecnologías basadas en información cuántica.

La Física, y en particular la Física Cuántica ha experimentado una evolución significativa desde su desarrollo formal a mediados de la década de 1920 y la comprobación experimental de sus conclusiones, algunas de las cuales, por desconcertantes, desafían su comprensión por parte de una gran mayoría de la población, quienes hacen uso de esos avances sin conocer las bases en las que se sustenta.

Esta falta de formación y, de información, alcanza aún a los que tienen una formación de grado superior universitaria. Como escribiera Ortega y Gasset en la Misión de la Universidad, la gran mayoría de la población no es contemporánea de su tiempo.

En esta categoría entra una idea que nació en las discusiones entre N. Bohr y A. Einstein sobre la naturaleza de la Mecánica Cuántica y los alcances de sus conclusiones. Este es el caso del entrelazamiento cuántico [1].

El entrelazamiento cuántico significa que múltiples partículas están unidas entre sí de tal manera que la medida del estado cuántico de una partícula determina los posibles estados cuánticos de las

otras partículas. Esta conexión no depende de la ubicación de las partículas en el espacio; es independiente de la distancia que exista entre ellas. *Incluso si la distancia que separa las partículas entrelazadas es de miles de millones de millas, el cambio en una partícula de las partículas inducirá un cambio en la otra.*

Pero gracias al trabajo de los tres investigadores laureados en esta edición del Nobel de Física 2022, sabemos más sobre este aspecto de la Mecánica Cuántica, según el cual dos o más partículas en un estado entrelazado estarían **unidas de modo que lo que le sucede a una partícula determina lo que le ocurre a la otra**, incluso si están muy separadas.

Para una breve comprensión de los motivos del Premio Nobel de Física 2022, debemos considerar las reflexiones físicas y filosóficas del fenómeno de entrelazamiento que dieron lugar a su origen.

En las discusiones sobre un problema de los principios de “localidad” y “no localidad” de los fenómenos cuánticos que iniciaron Einstein y Bohr a fines de 1930: El *principio de localidad* establece que dos objetos alejados entre sí no pueden influirse mutuamente en forma instantánea, lo que implica que debe respetarse que esta influencia física entre ellos puede propagarse a una velocidad igual o menor que la de la luz. En consecuencia, este principio cumple con lo esperable de la Física Relativista. Por su parte, en la Mecánica Cuántica, existen situaciones en las que este principio de localidad no se cumple, como el colapso de la función de onda por

ejemplo durante el proceso de medida.

El principio de localidad tal como fue formulado por Einstein pretendía eliminar explícitamente la posibilidad de cualquier acción a distancia, pues este tipo de fenómenos era contradictorio con la existencia de una velocidad finita máxima para velocidades de propagación de señales materiales, las cuales debían propagarse a velocidades menores o a la velocidad de la luz.

Einstein, en colaboración con B. Podolsky y N. Rosen, publicaron en 1935 un artículo donde admitían que la descripción de la Mecánica Cuántica no era completa, dando origen a la idea de que el conocimiento de variables complementarias implicaba la existencia de variables ocultas [1]. Este tratamiento desarrollado en por los autores condujo a lo que se conoce como la Paradoja EPR, por la primera letra de los apellidos de los autores, quienes concluyeron que la Mecánica Cuántica debe ser al menos incompleta. La paradoja EPR implica que podría ser posible, si se cuenta con estados enlazados, medir el estado de una partícula instantáneamente cambiando el estado de su socio enlazado, aunque las dos partículas puedan estar a una distancia arbitrariamente grande. Esta descripción, resultante de la paradoja EPR, es consistente con el concepto de entrelazamiento cuántico, cumpliendo el principio de no localidad pero respetando la causalidad.

N. Bohr contestó rápidamente con un artículo científico en la misma revista [2] defendiendo el carácter probabilístico de la teoría.

La no localidad no cuadraba con el pensamiento de Einstein, que llegó a

la idea de que esto correspondería a una “*acción espeluznante a distancia (spooky action in/at a distance o spukhafte Fernwirkung)*”, pero en el devenir de la investigación es consistente con los hechos experimentales y las leyes de la física moderna. Más aún, en la formulación de la teoría de la relatividad general, Einstein excluyó por completo cualquier violación al principio de localidad y por lo tanto todas las acciones a distancia.

Einstein decía que la Luna está allí, aunque no la esté observando como parte de su interpretación de la realidad local. La combinación del principio de localidad con la suposición de que todos los objetos deben tener valores objetivamente existentes para cada medida posible antes de que se lleven a cabo estas mediciones es la base de la realidad local, que constituye una herramienta importante en la física clásica. Sin embargo, en mecánica cuántica, en una medida importante, esta condición no se cumple como consecuencia del *entrelazamiento cuántico*.

La discusión continuó abierta hasta que un joven investigador de Física Cuántica retomó el problema. Se trató de John Stewart Bell (Belfast, UK, 1928-1990), quien, preocupado por el tema de las variables ocultas, en 1964 publicó el trabajo que dio origen al teorema que lleva su nombre (*Teorema de Bell o las desigualdades de Bell*) [3].

Las desigualdades de Bell constituyen la base matemática para analizar teóricamente la paradoja EPR y permitir la demostración experimental. Según esta desigualdad, si existen variables ocultas, la correlación entre los resultados de un gran número de mediciones nunca excederá un valor concreto predicho

por el teorema. Sin embargo, la Mecánica Cuántica predice que si cierto tipo de experimento violase la desigualdad de Bell, daría como resultado una correlación más fuerte de lo que sería posible de otro modo.

El término entrelazamiento fue introducido por E. Schrödinger en 1935, pero sin una clara comprensión de sus implicancias. En general, el conjunto de partículas entrelazadas constituye un sistema con una única función de onda para todo el sistema, es decir, no conforman un conjunto de partículas individuales con sus estados cuánticos definidos e independiente de las otras.

*La existencia del entrelazamiento cuántico no depende de la ubicación de las partículas en el espacio; es independiente de la distancia que exista entre ellas. Incluso si la distancia que separa las partículas entrelazadas es de miles de millones de kilómetros; El cambio en una partícula de las partículas inducirá un cambio en la otra.*

Los experimentos realizados han permitido demostrar que los sistemas entrelazados cumplen con la condición que fijan las desigualdades de Bell, y es la base para el reconocimiento de los tres investigadores cuya contribución los hizo merecedores del Premio Nobel. La desigualdad matemática expresa que, si existen variables ocultas, la

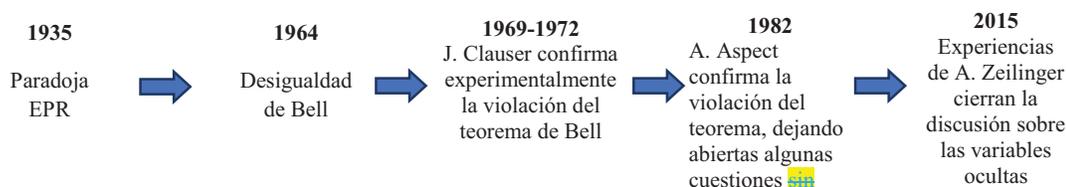
correlación entre los resultados de un gran número de mediciones nunca excederá un valor concreto.

Si cierto tipo de experimento violase la desigualdad de Bell, daría como resultado una correlación más fuerte de lo que sería posible de otro modo, entonces sería una prueba de que la mecánica cuántica se establecía como una descripción de la realidad física sin recurrir a variables ocultas al experimentador.

El entrelazamiento cuántico es un fenómeno que no puede ser observado en el marco de la física clásica, y es central para distinguir las bases de la física clásica (que respeta el principio de localidad y la realidad física) de la mecánica cuántica (donde podrán observarse fenómenos de no localidad y se deja aparte la idea de la realidad física).

Bell murió en Grenoble en 1994, el mismo año en que fuera postulado al Premio Nobel, ya que los primeros experimentos exitosos, base importante para otorgar este premio a trabajos de base teórica, habían sido conducidos por los equipos de John Clauser primero en 1972, y luego por Alain Aspect en 1981.

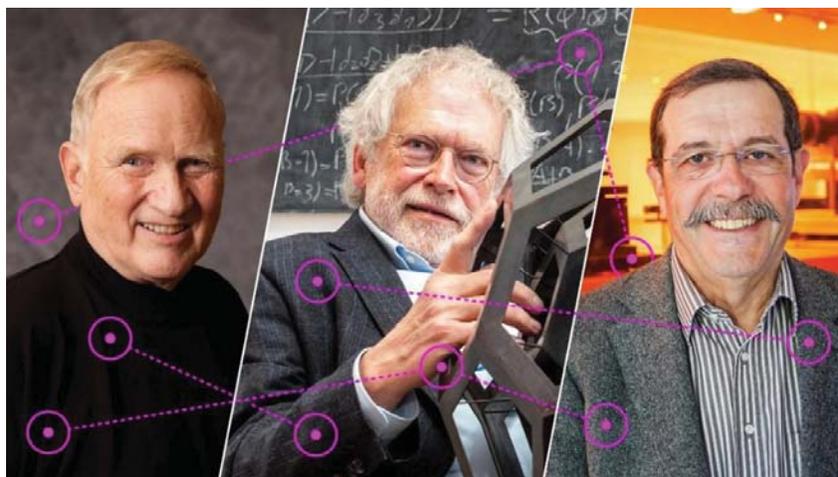
En la siguiente línea de tiempo podremos observar los hechos relevantes en el desarrollo de estas ideas fundamentales, base de las *tecnologías cuánticas* que se desarrollan en la actualidad.



**Figura 1:** Flecha de tiempo para la evolución de las ideas que condujeron a confirmar la no localidad de los eventos cuánticos

Los investigadores premiados, John Clauser en EEUU, Alain Aspect en Francia y luego Anton Zeilinger en Austria, a través de sus experimentos con fotones entrelazados y sus estudios

pioneros en el campo de la información cuántica contribuyeron al desarrollo de nuevos campos de la tecnología cuántica.



**Figura 2:** De izquierda a derecha, John Clauser, Anton Zeilinger y Alain Aspect.

Fuente: Jacqueline Godany; École Polytechnique, Université Paris-Saclay .

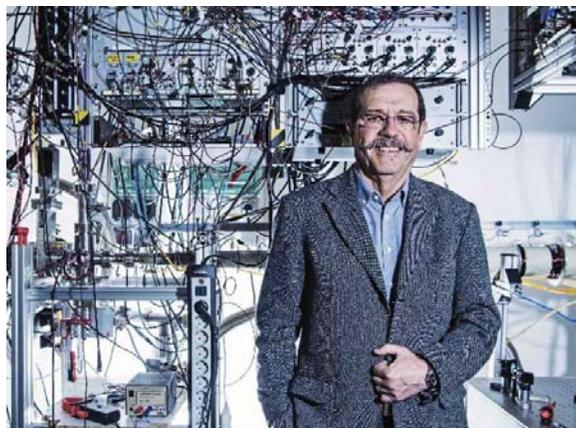
John Clauser (EEUU, 1942) desarrolló un experimento práctico basado en las ideas de John Bell. Sus resultados respaldaban la mecánica cuántica al violar claramente la desigualdad de Bell, esto es equivalente a enunciar que la mecánica cuántica no podía ser reemplazada por una teoría que utilizase variables ocultas [4].

Posteriormente, Alain Aspect (Francia, 1947) desarrolló un experimento en el que analizaba un par entrelazado una vez que este había dejado su fuente, de modo que la configuración que existía cuando se emitieron no podía afectar el resultado final. (Figura 3) [5].

Finalmente, con herramientas más refinadas y una larga serie de

experimentos, Anton Zeilinger (Austria, 1945) trabajó con distintos estados cuánticos entrelazados para finalmente demostrar un fenómeno llamado **teletransportación cuántica**, que hace posible mover un estado cuántico de una partícula a otra a distancia [7].

Alain Aspect, está activo en el Institut d'Optique Graduate School – Université Paris-Saclay and École Polytechnique, Palaiseau, Francia; John F. Clauser es investigador en en la empresa J.F. Clauser & Assoc., Walnut Creek, CA., EE.UU. que fundara en 1997; y Anton Zeilinger en la University of Vienna, Austria.



**Figura 3:** Alain Aspect en su laboratorio. « La seconde révolution quantique conduira à des applications inédites ». (Fuente: <https://www.larecherche.fr/physique/alain-aspect>)

Los experimentos dirigidos por los premiados mostraron, entre otras cosas, que la teoría cuántica es la única descripción razonable para los resultados que se observan en la escala de unas pocas partículas, descartando otras alternativas, y que **el entrelazamiento cuántico es una realidad experimental indiscutible**. Esto les permitió abrir las puertas de los experimentos al desarrollo del campo de la *información cuántica* que, con el tiempo, ha dado lugar a las modernas tecnologías cuánticas, como los ordenadores cuánticos, que en los últimos años han experimentado un gran desarrollo, pasando de las ideas a los hechos”.

### Bibliografía

[1] A. Einstein, Podolsky B., Rosen N. (1935). ¿Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be

Considered Complete? *Physical Review* 1935, **47**, 777-780.

[2] N. Bohr ¿Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete? *Physical Review* 1935, **48**, 696.

[3] S. Bell *Einstein Podolsky Rosen Paradox*, *Physics* 1964, **1**, 195-290.

[4] John Clauser – Facts – 2022. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2023. Sun. 16 Apr 2023. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/clauser/facts/>

[5] Alain Aspect – Facts – 2022. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2023. Sun. 16 Apr 2023. <<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/aspect/facts/>

[6] Anton Zeilinger – Facts – 2022. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2023. Sun. 16 Apr 2023. <<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/zeilinger/facts/>>

## PREMIO NOBEL DE FISIOLÓGÍA Y MEDICINA 2022: DESCUBRIMIENTOS SOBRE LOS GENOMAS DE LOS HOMÍNIDOS EXTINTOS Y LA EVOLUCIÓN HUMANA.



El Prof. Svante Pääbo es uno de los fundadores de la Paleogenética. Ha trabajado extensamente en el genoma Neandertal financiado por el Consejo Europeo de Investigación (ERC: *European Research Council*). Actualmente es Director del Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva en Leipzig (Deutscher Platz 6, 04103 Leipzig, Alemania) y Profesor Honorario de Genética y Biología Evolutiva en la Universidad de Leipzig [1]. Foto: European Research Council.

Svante Pääbo nació el 20 de abril de 1955 en Estocolmo, Suecia. Desde muy joven, demostró un gran interés por la Egiptología, mientras estudiaba Medicina en la Universidad de Uppsala. Durante los estudios de posgrado sobre adenovirus y su interacción con el sistema inmunitario en el grupo de Per A. Peterson, trabajó en secreto en un proyecto paralelo con el objetivo de aislar el ADN de especímenes de momias. Pudo clonar una biblioteca de ADN de una muestra de momia de 2400 años de antigüedad y la analizó con secuencias repetidas humanas, revelando ADN humano entre los clones. Sin embargo, Pääbo pronto se dio cuenta de que trabajar con ADN antiguo está plagado de desafíos tecnológicos y luego reconoció que los resultados descritos en la primera publicación probablemente sufrieron

contaminación por ADN de humanos contemporáneos. Por ejemplo, averiguó que en algunos casos, para saber si un espécimen era antiguo o falsificado, le pasaban la lengua para comprobar su porosidad, con la consiguiente contaminación. Por lo tanto, se centró en mejorar las técnicas, analizando el ADN antiguo de especies no humanas donde la contaminación se detectó más fácilmente.

En 1987, después de una breve beca en el laboratorio de Walter Schaffner en la Universidad de Zürich, Pääbo se mudó a la Universidad de California, Berkeley, para trabajar en ADN antiguo como becario postdoctoral en el laboratorio de Allan Wilson. Aquí durante las siguientes décadas de su carrera, Svante Pääbo trabajó para desarrollar protocolos para recuperar, secuenciar y analizar el ADN de especímenes arcaicos. Aunque gran parte de este trabajo se realizó en otras especies, su objetivo final era obtener información de la secuencia del ADN extraído del hueso neandertal.

A mediados de la década de 1980, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), que fue inventada por Kary Mullis, Premio Nobel de Química en 1993, revolucionó el campo y facilitó enormemente el análisis de trazas de ADN. Sin embargo, el riesgo de recuperar ADN contaminante continuó e incluso aumentó.

En 1988, Pääbo y Wilson fueron los primeros en aplicar PCR a restos antiguos. Pääbo era muy consciente de los desafíos técnicos asociados con el análisis de ADN de muestras óseas muy antiguas. Él y otros habían demostrado que los huesos del período de interés, el Pleistoceno tardío, están fuertemente contaminados por el ADN de los microbios y los humanos contemporáneos que manipulan los especímenes, mientras que el ADN endógeno, si está presente, se encuentra en cantidades mínimas. Varios grupos estaban activos en el campo, pero muchos estudios sufrieron contaminación que condujo a resultados artificiales. Svante Pääbo abordó este problema de manera decisiva al diseñar salas limpias especializadas, minimizar la contaminación y enfatizar la necesidad de una reproducción independiente de los resultados por parte de otros laboratorios.

Durante varias décadas, el grupo de Pääbo describió los desafíos asociados con los análisis de ADN antiguo y proporcionó soluciones para estos, también desarrolló métodos para extraer ADN de muestras antiguas usando técnicas de purificación basadas en sílice y demostró que el grado de racemización de ciertos aminoácidos puede usarse para determinar si las muestras contienen ADN endógeno.

A través de extensos desarrollos tecnológicos, Svante Pääbo estableció nuevos estándares rigurosos en esta área y logró obtener la secuencia del genoma de nuestro pariente extinto más cercano, el Neandertal. A esto le siguió su sensacional descubrimiento de otro homínido extinto, el Denisova, sólo a partir de datos del genoma recuperado de una muestra de hueso de un dedo pequeño. El trabajo de Svante Pääbo estableció además que el *Homo sapiens* se había mezclado con los neandertales y los denisovanos durante períodos de coexistencia, lo que resultó en la introgresión del ADN arcaico en los

humanos actuales. Ya se han demostrado ejemplos sorprendentes de variantes genéticas arcaicas que influyen en la fisiología de los humanos actuales en un campo de investigación que ahora es muy dinámico. A través de sus descubrimientos revolucionarios, Pääbo abrió una nueva ventana a nuestro pasado evolutivo, revelando una complejidad inesperada en la evolución y mezcla de los antiguos homínidos, además de proporcionar la base para una mejor comprensión de las características genéticas que nos hacen únicamente humanos.

A pesar de la invención de la PCR, seguía siendo muy cuestionable si las diminutas cantidades de ADN restante encontradas en el hueso arcaico podrían haber resistido las modificaciones químicas y la fragmentación durante decenas de miles de años, lo suficiente como para resistir el ADN competitivo más reciente del crecimiento microbiano y la presente contaminación del ADN humano. Sin embargo, Svante Pääbo, que en 1990 fue contratado por la Universidad de Munich, estaba decidido a alcanzar este objetivo.

Durante mucho tiempo, los estudios de la evolución humana se basaron en el análisis de restos óseos antiguos, sus características morfológicas y el examen de herramientas y otros artefactos arqueológicos. Los primeros restos óseos identificados como neandertales se encontraron en 1856 en el valle Neandertal de Alemania. Desde entonces, se han identificado especímenes de múltiples individuos neandertales en lugares que abarcan un amplio rango geográfico en Eurasia. Los neandertales habitaron Europa y Asia desde hace unos 400.000 a 30.000 años, momento en el que se extinguieron. Los humanos anatómicamente modernos, *Homo sapiens*, con esqueletos como los de los humanos actuales, aparecieron por primera vez en África hace unos 300.000 años. Hace unos 60.000-70.000 años, la

migración de África a Oriente Medio condujo a una expansión del *Homo sapiens* por Eurasia.

Por lo tanto, el *Homo sapiens* coexistió con los neandertales en Eurasia durante al menos 20.000 años, probablemente más. Sin embargo, la naturaleza de sus interacciones fue un tema de debate de larga data. Se hizo cada vez más claro que se requería un análisis genético para arrojar luz sobre la relación entre nosotros y nuestros parientes neandertales.

La disponibilidad de secuencias genómicas de nuestros parientes extintos más cercanos, recuperadas de diferentes ubicaciones geográficas y puntos temporales, ha arrojado luz sobre su distribución, estructura de población y

mezcla. Los hallazgos de Pääbo se han utilizado para refinar el modelo Fuera de África, en el que todos los humanos modernos se remontan a África en una línea continua. Sus datos han revelado que se produjo el mestizaje entre los antiguos humanos modernos, los neandertales y los denisovanos, lo que resultó en pequeñas cantidades de segmentos del genoma arcaico retenidos en los humanos actuales. Los genomas no africanos contienen alrededor de 1-2% de material genético Neandertal. Las ubicaciones de los segmentos de ADN arcaico introgresados varían entre individuos, en total alrededor del 40% del genoma Neandertal se ha encontrado en los humanos actuales.



**Figura 1:** Svante Pääbo y otros investigadores del Instituto Max Planck de Antropología Evolutiva analizaron el ADN de 17 restos de Neandertales de las cuevas de Chagyrskaya y Okladnikov (Siberia), que se encuentran a menos de 100 kilómetros de la cueva de Denisova; según los resultados, los Neandertales ocuparon brevemente esos dos lugares hace unos 54.000 años. Los 17 restos proceden de 13 individuos Neandertales (11 de Chagyrskaya y 2 de Okladnikov): 7 hombres y 6 mujeres (8 eran adultos y 6 niños y adolescentes). Foto: EITB Media.

El trabajo de Svante Pääbo ofrece interesantes posibilidades para buscar variantes genéticas arcaicas entre los humanos actuales y estudiar su asociación con los fenotipos (Figura 1). Como los humanos arcaicos ya estaban genéticamente

adaptados para la vida en algunos de los entornos de Eurasia, a los que migraron los humanos modernos, los eventos de introgresión de los Neandertales y los Denisovanos podrían introducir alelos que impactaron positivamente en su capacidad

para sobrevivir en los nuevos entornos después de su expansión fuera de África. Las secuencias introgradadas que se han sometido a una selección positiva pueden potencialmente proporcionar información funcional sobre partes de nuestro genoma, que es de relevancia general para todos los seres humanos vivos.

El Prof. Svante Pääbo ha sido galardonado con el Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2022 por “sus descubrimientos sobre los genomas de los homínidos extintos y la evolución humana” (Figura 2).



**Figura 2:** El Prof. Svante Pääbo recibe el Premio Nobel de Fisiología o Medicina 2022 de su Majestad el Rey Carl XVI Gustaf de Suecia en la Sala de Conciertos (*Konserhuset*) de Estocolmo el 10 de diciembre de 2022. Foto: Nanaka Adachi.

### Referencias:

1. Max Planck Gesellschaft-Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology. <https://www.eva.mpg.de/genetics/staff/paab> o/
2. Análisis de ADN. <https://www.eitb.eus/es/noticias/sociedad/de-talle/8990426/el-analisis-del-adn-muestra-como-era-familia-neandertal-de-siberia/>

Para el lector que le interese profundizar en el tema puede leer el libro:  
- Svante Pääbo. *El hombre de Neandertal*. 2014. Traducción: Federico Zaragoza Alberich. Editor digital: Titivillus. ePub base r1.2.

# HOMENAJES

## Fallecimiento del Prof. Dr. Marcelo Jorge Vernengo (1930-2023)

Al cierre de esta Edición de Industria y Química, las autoridades de la Asociación Química Argentina tomaron conocimiento del fallecimiento del Prof. Dr. Marcelo Jorge Vernengo ocurrida el 31 de marzo de 2003.

El Dr. Vernengo fue Presidente de la AQA entre los años 1994 y 2000, esforzándose por una decidida presencia internacional de la Institución, además de hacerse cargo de la Dirección de la revista Industria y Química,

consolidándola como foro para la discusión de las más variadas opiniones sobre el desarrollo de la Química en el país y su relación con científicos regionales e internacionales. Durante esos años integró un Comité Especial de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry) destinado a establecer propuestas para la Armonización de Esquemas de Garantía de la Calidad de Laboratorios Analíticos.



El Dr. Vernengo alcanzó el título académico de Doctor en Ciencias Químicas (Ph.D.) en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad de Buenos Aires (UBA) en 1955, con la presentación de la Tesis de Doctorado en Química Orgánica, sobre el tema: "Ésteres fenólicos de amino ácidos" (Tesis 0832), realizada bajo la dirección del Prof. Dr. Venancio Deulofeu, años después de haberse graduado de Licenciado en Ciencias Químicas en la misma Facultad. Posteriormente realizó su postdoctorado en la Universidad de Cambridge, en el Reino Unido, culminando en otro doctorado, es decir, el grado máximo de Ph.D, de esa Universidad bajo la supervisión del

Prof. Dr. John Harley-Mason, permaneciendo en Cambridge hasta diciembre de 1960.

Desarrollo una fecunda labor en docencia e investigación en el Departamento de Química Orgánica de la FCEN, UBA desde 1961, siendo Profesor Asociado con dedicación exclusiva y el primer Químico Orgánico de la Carrera del Investigador del CONICET, recientemente creada. Posteriormente, entre 1969 y 1974, actuó como Profesor Titular de Química Orgánica III de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, UBA, donde colaboró en 1991 hasta 1993 en el desarrollo de actividades interinstitucionales y el dictado de clases especiales sobre temas de Química Medicinal.

No sólo se destaca su labor académica en la docencia y formación de recursos humanos a través de la dirección de Becarios y Tesistas en Productos Naturales y Síntesis Orgánica siendo pionero en la aplicación de técnicas espectroscópicas para la dilucidación estructural de compuestos orgánicos, como resonancia magnética nuclear y espectrometría de masa en la Universidad de Buenos Aires, sino también en la organización y decanato de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Belgrano en 1996, que comenzó a funcionar al año siguiente con las Carreras de Química, Biología, Tecnología de Alimentos y Nutrición, incluyendo el Doctorado correspondiente.

Se destaca su labor en investigación de estabilidad de medicamentos y su preocupación por establecer la Farmacovigilancia en nuestro país, llevando a cabo una reestructuración muy efectiva en el entonces Instituto de Normalización y Contralor de Drogas y

Medicamentos como Director (posteriormente convertido en el ANMAT).

Participó en organismos nacionales internacionales, como: Consultor de la Farmacopea de los Estados Unidos en el Cono Sur, Consultor de la Organización Panamericana de la Salud, Miembro y Consultor del Comité de Expertos sobre Especificaciones de Medicamentos de la Organización Mundial de la Salud en Ginebra, Miembro de la Royal Society of Chemistry, de la American Chemical Society y de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada.

Integró el Colegiado Directivo de la Asociación Argentina para el Progreso de la Ciencia muestra, actuó como Miembro de Número de la Academia Nacional de Educación y fue designado Académico Emérito desde el 1º de agosto de 2016. Asimismo, fue incorporado como Miembro de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU), desde el 2004 hasta el 2015.

## Prof. Dr. Eduardo Alberto Castro (Avellaneda, 1944 - La Plata, 2023)



El 29 de abril, falleció el Prof. Dr. Eduardo Alberto Castro, destacado ex Presidente de la Asociación Química Argentina y de la Sociedad Científica Argentina. Los que tuvieron la oportunidad de conocerlo reconocen en él la personalidad polifacética como investigador, docente, en la enseñanza de las Ciencias Químicas, amante del tenis y el deporte en general, así como de una destacada capacidad de gestión y disciplina personal para aprovechar las horas del día, por lo que la puntualidad fue una norma que estuvo asociada a su actividad profesional.

El Dr. Castro, finalizados sus estudios secundarios con el título de Técnico Químico (1962), ingresó a la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) donde, en 1970, se recibió como Licenciado en Ciencias Químicas (Orientación Físicoquímica). En 1972, alcanza el grado de Doctor en Ciencias Químicas (Orientación Físicoquímica). Su trabajo de Tesis, “*Aplicación de la teoría de orbitales moleculares al beta-caroteno (a) Comparación de métodos semiempíricos (b) Cálculo del espectro electrónico y fuerza de oscilador*”, la desarrolló bajo la dirección del Prof. Dr. O. M. Sorarrain.

La Actividad Académica del Dr. Castro fue muy amplia al igual que sus intereses en el estudio de los distintos aspectos básicos de la Química y la Físicoquímica, así como, de la enseñanza de la disciplina

y de la Química Teórica. En la enseñanza de la química, volcó su interés y compromiso en la Educación en Ciencias Químicas en todos sus niveles.

Como Investigador del CONICET, alcanzó la jerarquía de Investigador Superior. En la Docencia Universitaria se inició, en 1967, como Docente en el Departamento de Matemática. Desde entonces estuvo activo en el dictado de los Cursos de Química Analítica, Físicoquímica II y Química Teórica. Formó numerosos Profesionales y Estudiantes de Posgrado no sólo de la UNLP sino de otras Universidades del país y del exterior. Fue investigador invitado en distintas reuniones científicas y centros universitarios en Canadá, México, España, Chile, Uruguay, Florida-EE.UU., entre otros.

Fue uno de los socios fundadores de la Asociación Argentina de Físicoquímica, siendo su primer Secretario (1978-1983), impulsó las actividades de Químicos Teóricos de Expresión Latina a través de sus escuelas y congresos y de la difusión de este campo de la Química en el país y en los otros países de Latinoamérica.

En su carrera dirigió más de 40 Tesis Doctorales de egresados de Universidades Nacionales (UNLP, Universidad de Buenos Aires y Universidades Nacionales de Córdoba, Nordeste, Catamarca, La Pampa y San Luis) y regionales (Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia). Sus discípulos contribuyeron al

desarrollo de la Química Teórica en distintas instituciones, se incorporaron al sistema académico o al sector empresarial en EE.UU. y Canadá. Publicó más de 600 Trabajos de Investigación originales en el campo de la Química Teórica y Fisicomatemáticas en revistas de prestigio internacional, más de 200 Trabajos de Divulgación Científica, así como numerosas presentaciones a Congresos Nacionales e Internacionales. Escribió medio centenar de textos en colaboración cubriendo distintos aspectos de la disciplina.

Más recientemente, el Dr. Castro encaró estudios en el campo de QSAR/QSPR, en los que contribuyó a la formación de investigadores y docentes que continúan actualmente con esta actividad, publicando entre otros artículos, la monografía *Quantitative Structure-Activity Relationships (QSARs) of antimicrobial compounds*, en colaboración con expertos internacionales (F. P. Maguna, N. B. Okulik, E. A. Castro), *Computational Chemistry, Volume 2C*, World Scientific, Singapore, Manoj Shukla, Editor, 2010 y *The Order Theory in QSPR/QSAR Studies*, P. R. Duchowicz & E. A. Castro en la colección *Mathematical Chemistry Monographs*, No.7.

El Dr. Castro, durante sus estudios a nivel secundario, trabajó en distintas empresas del sector químico. No olvidó esta experiencia, razón por la cual, su interés estuvo también dirigido hacia aspectos aplicados a la formación en la Química y el campo de la Ingeniería. En este sentido, una parte de sus actividades, a partir de 2001 se dirigieron hacia el Área de Formación Metodológica Profesional del Departamento de Ingeniería de la Producción y Director de Carrera de Ingeniería Industrial, en la Facultad de Ingeniería, UNLP.

Algunos de sus primeros tesisas, que completaron su tesis en Química Teórica fueron capaces de insertarse en el sistema productivo internacional o impulsar

emprendimientos en el diseño de sustancias para distintos tipos de industrias en el exterior, particularmente EE.UU.

Entre sus discípulos, se destacan el Dr. Francisco Marcelo Fernández, Pablo Duchowicz y Andrew Mercader, cuyas actividades académicas, capacidad de formación de recursos humanos y nivel de publicación es apreciada en el campo científico nacional y regional.

El Dr. Castro fue distinguido en distintas oportunidades, pudiéndose mencionar el Premio KONEX (2003) en Ciencia y Tecnología, Premio Dr. Rafael Labriola (1988), Premio Horacio Damianovich (1996), Hans J. Schumacher a la Trayectoria en el campo de la Fisicoquímica otorgado por la Asociación Química Argentina (2007), entre otros. Fue designado Académico Plenario de la Academia Belgraniana de Historia (2002).

Fue miembro de las Comisiones Asesoras en Ciencias Químicas de la CICPBA, CONICET y miembro del Comité Editorial de numerosas revistas nacionales, regionales e internacionales.

Fue Director del INIFTA por concurso entre 2003 y 2009, abocándose a la tarea de incorporar Investigadores jóvenes y desarrollar nuevas áreas de investigación, varias de las cuales siguen vigentes.

Durante su gestión, su preocupación se dirigió a ampliar los espacios y promover la construcción de nuevos laboratorios y apoyar el ingreso de investigadores y becarios jóvenes solamente sobre la base de sus competencias científicas, siguiendo con la tradición del Prof. Dr. Hans H. Schumacher y del Dr. Alejandro J. Arvia.

Su fallecimiento enluta a las Ciencias Químicas desde distintos ángulos, sus amigos le recuerdan con mucho afecto y sus colegas por su gran capacidad de trabajo y dedicación al sistema académico en todas sus facetas.

30 de Abril de 2023

Comisión Directiva Asociación Química Argentina

# **INDUSTRIA & QUÍMICA**

ISSN 0368-0819

Abril 2023 – Nº 373



**Estado de avance de la  
construcción de las nuevas  
instalaciones de la AQA en su  
tradicional dirección en CABA**