



# Encuentro con la QUÍMICA



**En Portada:**

**¿Son eficientes nuestros centrales  
azucareros? Estudiantes de Ingeniería  
Química buscan respuestas**

**Página 35**

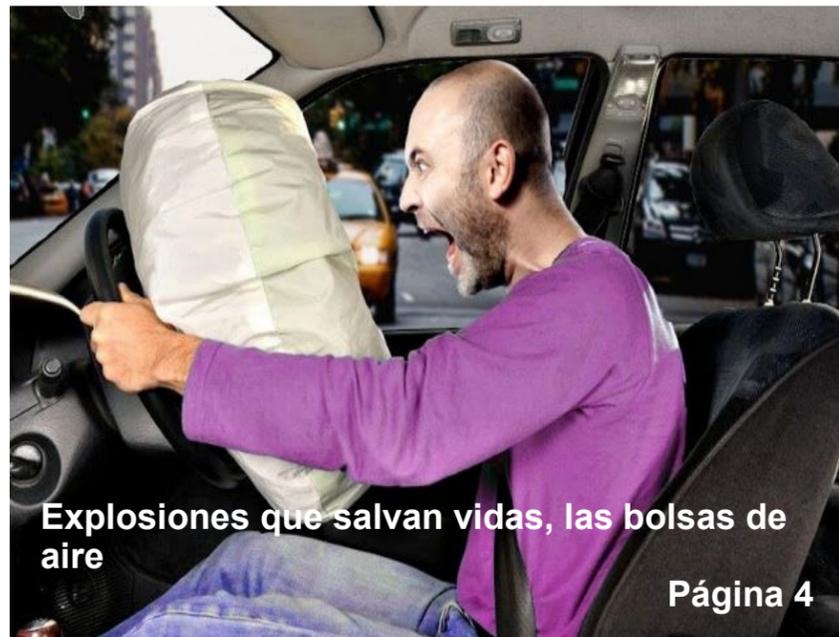


# W C I D N



¿Son eficientes nuestros centrales azucareros? Estudiantes de Ingeniería Química buscan respuestas

Página 35



Explosiones que salvan vidas, las bolsas de aire

Página 4



Katy Rodríguez Lopez: "A las científicas y científicos nos toca dar el ejemplo."

Página 30

## También en este número...

Editorial: Encontrando la Química Cubana en Redes Sociales

Página 1

Palabras de Clausura de los Premios Nacionales de la Sociedad Cubana de Química (24 de marzo de 2021)

Página 2

Arsénico, su lado brillante...

Página 8

La biomasa como fuente de energía y materiales

Página 14

George Rosenkranz, su estancia en los laboratorios VIETA-PLASENCIA (Cuba) y SYNTEX (México)

Página 19

Descubrimientos científicos que cambiaron la humanidad. Parte I. La máquina de vapor y la Primera Revolución Industrial

Página 42

De la web...

Página 51



Editora Fundadora

Dra.C. Margarita Suárez Navarro



Editor

Dr.C. Gastón Fuentes Estévez



Redactor

Lic. Alexander Dueñas Deyá



Redactor

Andy Gálvez Rodríguez  
(Estudiante de 4to año de Radioquímica)



## Consejo Editorial

Co-editor, Community Manager y Diagramador

Lic. Kenneth Fowler Berenguer



Redactora

Katy Rodríguez López  
(Estudiante de 5to año de Radioquímica)



Redactor

Aldo Artimez Peña  
(Estudiante de 5to año de Radioquímica)

# Encontrando la Química Cubana en las Redes Sociales.

La Revista **Encuentro con la Química** ya cumplió un sexenio, y este segundo abre en medio de la todavía peligrosísima e incontrolable pandemia del coronavirus que sigue siendo un azote a nivel mundial con casi 3 millones de fallecidos y 133 millones de infectados. En estos tiempos “como para no salir de casa” tal como reza la fraseología popular, el uso de las tecnologías informáticas resulta vital para las comunicaciones y nuestra revista quiere adherirse a la nueva modernidad.

Esperamos hayan notado como progresivamente han ido apareciendo artículos de la revista diseminados por las diferentes plataformas y redes informáticas. Es fruto de una nueva estrategia que la Sociedad Cubana de Química ha aprobado a propuesta de este nuevo equipo de edición por este año con vistas a evaluar si crecemos no solo en visibilidad o popularidad, sino incluso en cola-

boraciones de otros sitios del país y por qué no, allende los mares.

Con las antológicas palabras de nuestra editora-fundadora, la Dra. Cs. Margarita Suárez Navarro siempre como bandera; la revista ha decidido apostar por una estrategia fuerte de diseminación de nuestros contenidos ya publicados y los que van formando parte de nuestra todavía incipiente hemeroteca en las re-

des sociales, aprovechando la capacidad de intercambio y la inmediatez que la mismas poseen.

Sin perder ninguno de los objetivos primarios que se planteara ya pensamos que hemos tenido un modesto y muy esperanzador éxito. Tenemos 315 suscriptores en Telegram y más de 1400 seguidores en Facebook en apenas cuatro meses de trabajo, además de alianzas estratégicas con otros medios que ya utilizan las redes como Juventud Técnica y el Radical Libre y equipos de jóvenes que nos apoyan desde los principa-

les centros universitarios del país, tales como: Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Universidad de Oriente, Universidad de Matanzas, Universidad Tecnológica de La Habana. Hay más, sí, y confiamos que seguiremos creciendo, gracias a la interacción con ustedes, queridos lectores y a las bondades de las tecnologías informáticas.

Esto no significa que dejemos nuestra edición digital. Seguirá saliendo con frecuencia cuatrimestral en su sitio web habitual donde podrán encontrar algunos de esos trabajos que ya pudieron consultar en las redes. Como esta de hoy, donde ya encontrarán cambios de formatos, nuevos autores, artículos seriados sobre temas tan disímiles como la biomasa, los centrales azucareros, los *airbags*, el arsénico, la máquina de vapor, y las secciones habituales de siempre. Queremos que nos leas, que colabores, que nos difundas y por eso estamos aquí cerquita de ustedes, y seguiremos estando. Cuídense mucho, la mejor vacuna, es no salir de casa.

Dr.C. Gastón Fuentes Estévez, Editor



# Palabras de Clausura de los Premios Nacionales de la Sociedad Cubana de Química (24 de marzo de 2021)

Por Dr.C. Carlos Peniche Covas

Estimados colegas:

Una vez más nos reunimos para reconocer la destacada trayectoria de profesionales de la química y la bioquímica de nuestro país.

El año pasado se seleccionaron las propuestas merecedoras de premio correspondientes al 2019, pero no se pospuso el acto de premiación correspondiente producto de la pandemia. Este año decidimos hacer conjuntamente las premiaciones correspondientes al 2019 y 2020 en esta señalada fecha. Cabe mencionar que cuando se adoptó esta decisión estábamos en una situación mucho más favorable respecto a la Covid-19 y no imaginábamos que enfrentaríamos un nuevo rebrote que nos iba a impactar tan duro aún para esta fecha.

No obstante, se decidió realizar el acto hoy, aunque en composición reducida para disminuir el riesgo de contagio entre los presentes. Lamentamos que en esta ocasión los premiados no puedan haberse hecho acompañar de familiares y amigos, pero las medidas de distanciamiento necesarias lo han impedido.

Y es que la pandemia también ha impactado negativamente en el accionar de la SCQ. Hemos tenido de interrumpir actividades como los cafés conversatorios, seminarios especiali-

zados y otras actividades de intercambio que poco a poco, más lentamente que lo que pretendemos, han ido incorporándose al accionar de los químicos y bioquímicos promovidas o auspiciadas por la SCQ.

Incluso, el Congreso de Química, por su carácter internacional ha tenido que ser pospuesto. Ahora pensamos poder realizarlo en el año 2022, si para ese entonces la situación epidemiológica nacional e internacional lo permitan.

La química impacta en múltiples esferas de la sociedad, y en esta premiación se muestran aportes a la actividad agropecuaria y azucarrera, la biotecnología, la ciencia de materiales y los biomateriales, donde los premiados han hecho contribuciones de importancia. En este sentido, nos honra reconocer el aporte de los químicos, los ingenieros químicos los y bioquímicos al combate de la pandemia, donde destaca la contribución al desarrollo de los candidatos vacunales desarrollados en nuestro país desde sus respectivos centros de investigación. Aquí destaca la ejemplar interacción entre el CIGB, el Instituto Finlay, el CIM y el laboratorio de Síntesis Orgánica José Luis Mola Gárte de la Universidad de La Habana, entre otros.

Es función de la SCQ promover la interacción entre la academia y los centros de investigación y producción que se nutren de nuestras especialidades para incrementar el aporte de la química y la bioquímica al desarrollo del país, y nuestro compromiso es continuar trabajando en esa dirección.

Como en ocasiones anteriores, nos honra reconocer en la persona de los premiados de hoy su contribución a la química, la ingeniería química, la bioquímica y la enseñanza de estas

especialidades. Pero también es reconocido el aporte de los destacados jóvenes que premiamos hoy y que constituyen el necesario y esperanzador relevo a las actuales generaciones.

Nuestras felicitaciones a todos y nuestros deseos de que continúen aportando sus valiosos conocimientos al desarrollo de la química y la bioquímica en Cuba.

Muchas gracias.



A man with a beard, wearing a purple long-sleeved shirt and blue jeans, is driving a car at night. He has a surprised or shouting expression on his face. A large, white, inflated airbag is deployed from the dashboard, partially obscuring the steering wheel. The background shows a city street at night with blurred lights and other vehicles.

## Explosiones que salvan vidas, las bolsas de aire

Por Lic. Alexander Dueñas Deyá

Departamento de Licenciatura en Química, Facultad de  
Química-Farmacia, Universidad Central “Marta Abreu”  
de Las Villas

La bolsa de aire (en inglés: air bag), invento patentado en 1981 por la firma alemana Mercedes-Benz, es un sistema de seguridad pasiva instalado en varios puntos del automóvil moderno para disminuir la gravedad en caso de accidente. Se basa en una idea muy simple: ante una colisión con aceleración superior a 3 G, las bolsas se inflan rápidamente y amortiguan el impacto de los pasajeros contra las diferentes partes del vehículo. Se estima que dichas bolsas reducen en un 30 % el riesgo de muerte solamente en impactos frontales. Pero... ¿se han preguntado cuál es la química detrás de una bolsa de aire?

### ¿Qué se necesita?

El sistema de bolsas, así como el gas que las llena, requieren de características especiales. Primeramente, las bolsas no deben inflarse por error. Luego, el gas no debe ser tóxico ni inflamable en caso de escape, debe ser “frío” para no producir quemaduras, debe producirse en gran cantidad y

rápida (entre los 20 a 60 ms). Finalmente, los productos químicos que generan el gas deben ser de fácil manejo y estables durante largos períodos [1].

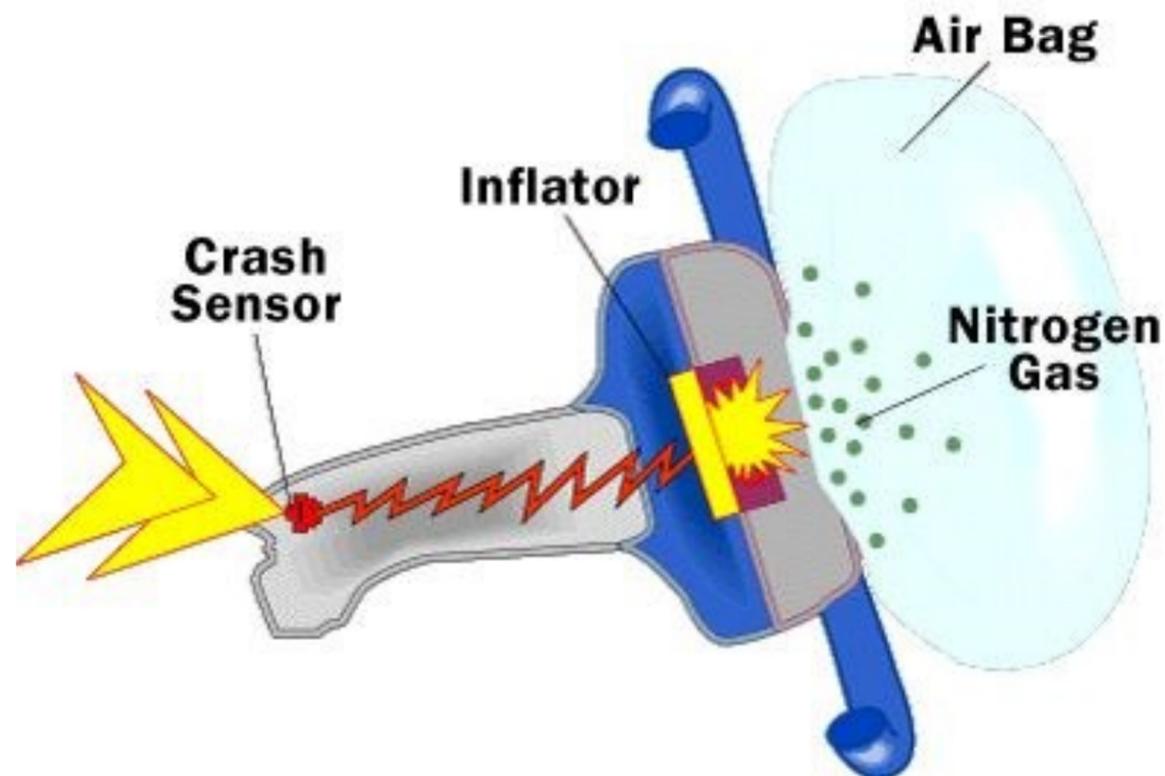
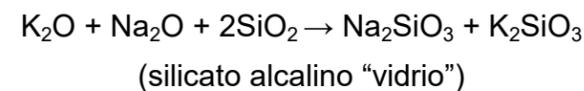
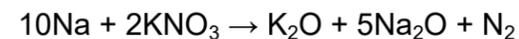
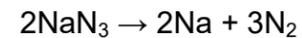
Entre los gases posibles, el dinitrógeno es el más adecuado, después de todo, constituye cerca del 78 % en volumen del aire. Una manera rápida de obtenerlo es mediante la descomposición de azidas de metales alcalinos, tales como la azida de sodio,  $\text{NaN}_3$ . Pero aquí no termina el problema, pues el sodio metálico producido como residuo es altamente reactivo.

### Proceso general de despliegue de una bolsa de aire

La solución se encuentra en una mezcla de azida de sodio, nitrato de potasio y dióxido

de silicio ( $\text{NaN}_3 + \text{KNO}_3 + \text{SiO}_2$ ). Cuando los sensores detectan el choque inician una pequeña descarga eléctrica que produce la deflagración de la mezcla. La deflagración es la combustión súbita con llama lenta, que en este caso libera un volumen calculado del gas dinitrógeno y llena la bolsa.

El sodio metálico generado reacciona con el nitrato de potasio produciendo dinitrógeno adicional y dejando una mezcla de óxidos de potasio y de sodio, que a su vez reaccionan con el dióxido de silicio para formar silicatos alcalinos ("vidrio") inocuos [2].

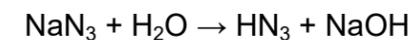


Mecanismo simplificado de una bolsa de aire en un automóvil.

### ¿Debemos preocuparnos por las bolsas de aire?

Afortunadamente la mayoría de las bolsas de aire no llegan nunca a usarse, sin embargo, son apiladas en basureros, y al no ser recicladas, dejan tras de sí cerca de 150 g de azida de sodio por cada carro. Con la ignición intencional las sustancias químicas se pueden transformar en silicatos ambientalmente seguros, pero si la reacción no es completa, o si la bolsa queda intacta, podríamos enfrentar un problema en las próximas décadas, con chatarrerías transformadas en vertederos supertóxicos.

La azida de sodio puede reaccionar con el agua para formar ácido hidrazoico, un compuesto altamente tóxico, volátil y explosivo, según la reacción:



Esta azida ( $\text{LD}_{50} = 0.2 \text{ mg/m}^3$ ) es incluso más tóxica que el cianuro de potasio ( $\text{LD}_{50} = 5 \text{ mg/m}^3$ ), si se comparan las dosis permitidas de exposición para el ser humano.

La comunidad científica no se queda de brazos cruzados y trabaja en la búsqueda de alternativas. Una de ellas, la reacción entre un complejo de nitrato de estroncio con carbohidrazina, y el bromato de potasio ( $\text{KBrO}_3$ ) como agente oxidante. Se demostró que el 99 % de los gases producidos eran dinitrógeno y dióxido de carbono. Los materiales de partida no se descompusieron hasta alcanzar una temperatura de  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ , lo cual lo convierte en un potencial generador de gas en las bolsas [3]. Otras pa-

tentes sustituyen la azida por nitrato de guanidina, 5-aminotetrazol, bitetrazol dihidratado, nitroimidazol y nitrato básico de cobre.

Usando estas sustancias fue posible lograr un sistema de llenado de la bolsa con reactivos menos tóxicos y con una temperatura de reacción menor [3]. Tecnologías más modernas han empleado gases presurizados como el dinitrógeno o el argón, que se liberan rápidamente al momento de la colisión.

Resulta paradójico que mientras una explosión química nos salva la vida, su principal componente puede terminar con ella si no se maneja adecuadamente. Una vez más la Química demuestra ser la solución a muchos de los problemas de la vida diaria.

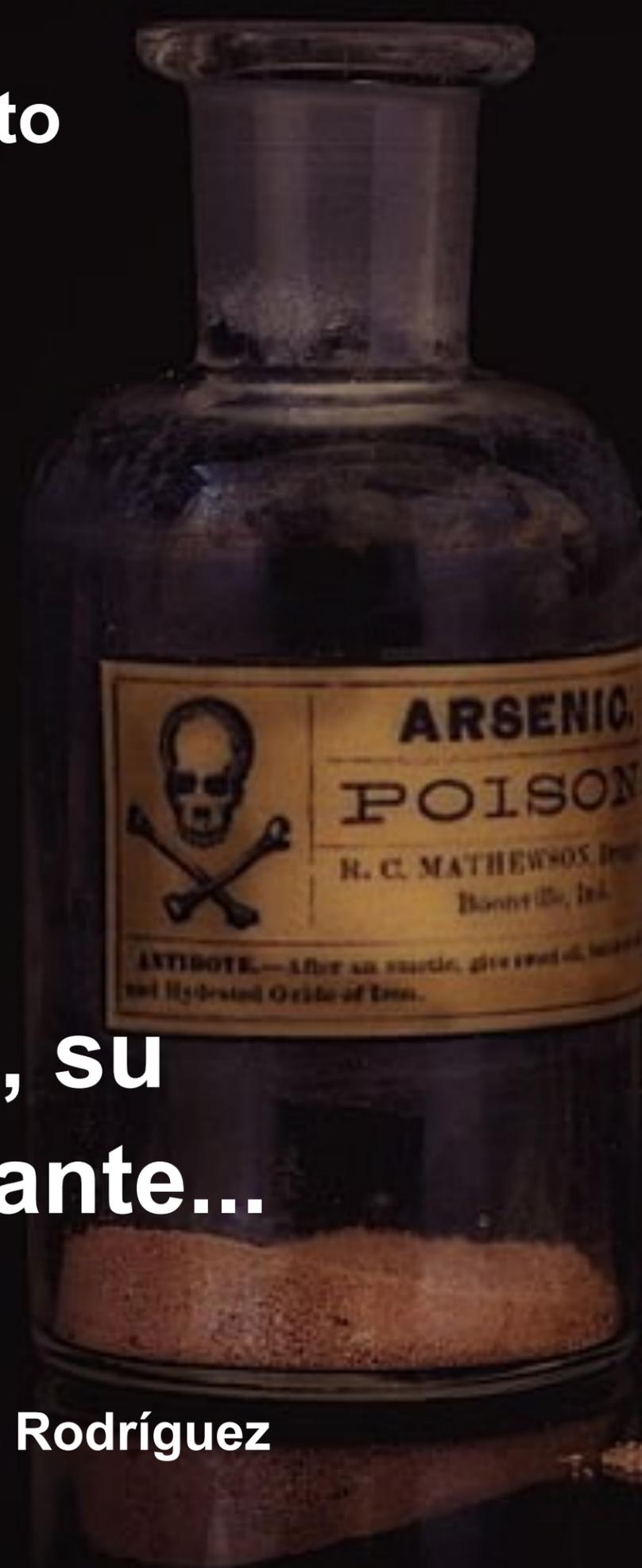
### Referencias

1. The Chemistry behind the Air Bag: High Tech in First-Year Chemistry (<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed073p347>)
2. The Strontium Complex Nitrates of Carbohydrazide as a Non-Azide Gas Generator for Safer Driving. The Thermal Behavior of the Sr Complex with Various Oxidizing Agents ([https://doi.org/10.1002/1521-4087\(200011\)25:5%3C224::AID-PREP224%3E3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/1521-4087(200011)25:5%3C224::AID-PREP224%3E3.0.CO;2-O))
3. WO2004094189 - SUBSTITUTED BASIC METAL NITRATES IN GAS GENERATION (<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2004094189>)

# #El\_Elemento

## Arsénico, su lado brillante...

Por Andy Gálvez Rodríguez



**D**e seguro que, al leer el nombre de nuestro artículo, pensaste en aquel mortífero veneno empleado siglos atrás y obviaste por completo el sinfín de “buenas” aplicaciones en las que se destaca el arsénico. Lo cierto es que el arsénico (As, Z=33) ha formado parte de varios fármacos: algunos que a mediados del siglo 20 contribuyeron a la casi erradicación de la sífilis y otros que en la actualidad se utilizan con bastante éxito en el tratamiento de ciertos tipos de cáncer. Entonces: ¿veneno o medicina?

### Información general

Independientemente de su carácter tóxico o benéfico para la salud, el arsénico es un elemento químico sorprendente por la gran variedad de formas en las que se le puede encontrar, ya sea en sus compuestos naturales o en compuestos sintéticos y aún en el estado elemental. Se encuentra en el bloque p de la Tabla Periódica de los elementos químicos, justo en el centro, a la mitad de la diagonal que divide los elementos metálicos de los no metálicos. Según su ubicación y por tanto sus propiedades, el arsénico pertenece a la serie química de los metaloides; dígame de aquellos elementos que se caracterizan por presentar un comportamiento intermedio entre los metales y los no metales.

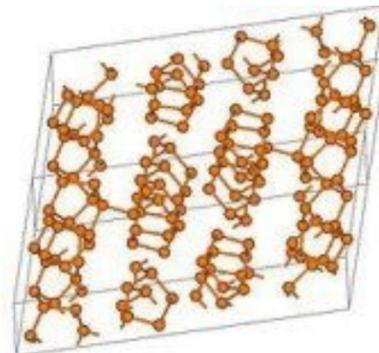
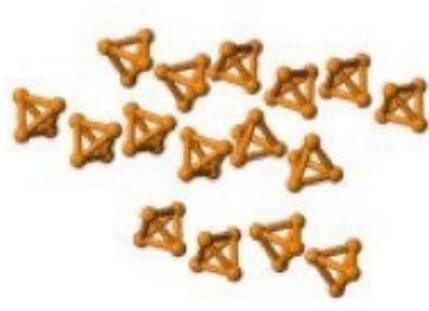
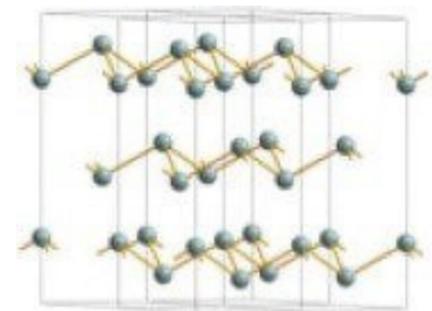
Tiene varias formas alotrópicas: la gris, la amarilla y la negra. El alótropo gris tiene la misma estructura cristalina que su vecino de abajo en la tabla periódica, el metal antimonio, y una conductividad eléctrica muy respetable de  $3.45 \cdot 10^6$  S/m, valor que se encuentra en-

tre el que presentan el bario y el plomo, que son elementos típicamente metálicos. Por otro lado, el alótropo amarillo de este elemento está formado por moléculas tetraédricas  $As_4$ , totalmente análogas a las que forma su vecino no metálico de arriba en la tabla, el fósforo, en su alótropo blanco. Por su parte el alótropo negro del arsénico tiene una estructura equivalente a la del fósforo rojo.

En los compuestos químicos naturales del arsénico, también se aprecia la ambivalencia de este elemento; hay minerales de arsénico en los que éste se encuentra como catión, formando óxidos y sulfuros como cualquier metal y hay minerales en los que se encuentra, como los no metales, formando diferentes tipos de aniones, desde oxoaniones como arseniatos y arsenitos hasta diferentes tipos de arseniuros.

### Sobre sus aplicaciones...

Las principales fuentes minerales de arsénico son los sulfuros: el realgar ( $As_4S_4$ ) y el orpimento ( $As_2S_3$ ). Durante milenios estos sulfuros fueron utilizados como medicamentos para tratar padecimientos tan diversos como las enfermedades venéreas, el asma, la tuberculosis o la diabetes, y recomendados tanto como antisépticos, sudoríficos, sedantes o tónicos. Por ejemplo, se tiene registro de que estos sulfuros eran recetados por Aristóteles e Hipócrates (siglo 4 a. C.) como remedios para úlceras de la piel. En 1775 el notable químico sueco Carl Wilhelm Scheele, además de haber aislado por primera vez a los elementos oxígeno y cloro, preparó un pigmento verde que tuvo



Formas alotrópicas del arsénico y sus estructuras: de izquierda a derecha: gris, amarillo y negro.

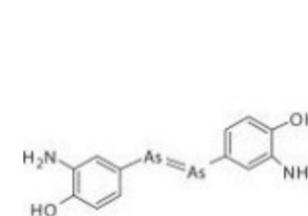
bastante aceptación en la época y al que se le conoció como verde de Scheele, cuya fórmula es  $\text{CuHAsO}_3$ , o arsenito ácido de cobre. Este pigmento se utilizó ampliamente en pinturas, así como para teñir telas y papel, incluyendo papel tapiz. Poco después, a principios del siglo 19, el verde de Scheele se sustituyó por otro compuesto con una mejor retención, pero que también estaba hecho a base de cobre y arsénico, al que se le daba el nombre de verde de París [ $\text{Cu}(\text{AcO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ ].

En 1786, la solución de Fowler ( $\text{As}_2\text{O}_3$  en solución al 1% de bicarbonato de potasio) fue descubierta y luego usada para el tratamiento de varias enfermedades, incluyendo malaria, asma y psoriasis. A principios del siglo 20 el célebre bacteriólogo alemán Paul Ehrlich (premio Nobel de Medicina 1908), introdujo al mercado un fármaco conocido como salvarsán, arsfenamina, o "606", que tuvo un enorme éxito comercial en todo el mundo ya que fue el primer compuesto sintético específico para el tratamiento de la sífilis. La arsfenamina es un compuesto organoarsénico que fue el único tratamiento empleado contra esta enfermedad hasta la introducción de la penicilina en los años 50. Por cierto, la fórmula con la que Ehrlich pu-

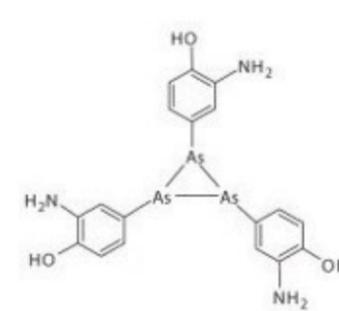
blicó este compuesto no es la correcta. Él propuso un doble enlace arsénico-arsénico, semejante a los compuestos azo de nitrógeno. Apoyado por la espectrometría de masas de alta resolución, se ha elucidado recientemente que el fármaco que se administraba con el nombre



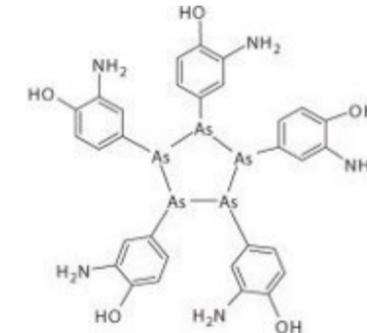
El verde de París se utilizó en la fabricación de pinturas hasta el siglo XX



(a)



(b)



(c)

a) fórmula propuesta por Ehrlich para la arsfenamina; b) y c) formas de esta sustancia presentes en el célebre fármaco.

de salvarsán era realmente la mezcla de dos formas, un trímero y un pentámero.

En 1992, un grupo de médicos chinos publicaron el uso del  $\text{As}_2\text{O}_3$  para tratar la leucemia promielocítica aguda (LPA) logrando índices de curación superiores al 90%. El trióxido de arsénico ha demostrado eficacia y seguridad en pacientes con este padecimiento. Y por si fuera poco todo este cúmulo de aplicaciones, te comento que no solo en la medicina es empleado el arsénico. Junto con el galio es usado para dopar a muchos semiconductores como el silicio, logrando así una mayor eficiencia y también para la generación de diodos láser y LED.

### Su mala fama...

Las referencias a la toxicidad del arsénico son abundantes, tanto en la historia como en la literatura. Durante siglos se ha ganado la mala reputación de "el rey de los venenos" y "el veneno de los reyes" debido a que es inodoro, incoloro, insípido y de difícil detección luego de ocurrida la muerte. Algunas de las víctimas famosas envenenadas con arsénico son el rey George III de Gran Bretaña y el explorador

americano Charles Francis Hall. Incluso se rumorea que Napoleón encontró su muerte a través de esta vía en la isla de Santa Elena, sin embargo, este caso se estudia aún en la actualidad. La propuesta del envenenamiento tomó fuerzas al haberse encontrado cantidades elevadas de arsénico en muestras de cabello del emperador, aunque se confirmó que la presencia del mismo en el ambiente hace dos siglos, era mucho mayor que la actual. Afortunadamente su popularidad disminuyó apreciablemente debido al desarrollo de una prueba química para su identificación en tejidos humanos en 1830, la misma corrió a cargo del químico británico James Marsh.

En la literatura hay numerosas referencias al arsénico como veneno, como en la famosa novela Madame Bovary de Gustave Flaubert (1856), donde la protagonista se suicida con esta sustancia. Y ya en el siglo 20, la prolífica autora de novelas de misterio, Agatha Christie, recurre al envenenamiento en un gran número de sus novelas; el arsénico aparece mencionado en la cuarta parte de ellas. Para completar toda esta propaganda, en 1944 Hollywood sacó a la luz el gran éxito de taquilla "Arsenic



“Arsenic and Old Lace”, una comedia de humor negro protagonizada por Cary Grant.

and Old Lace”, donde se emplea vino de bayas mezclado con arsénico como agente venenoso. Su mala reputación creció aún más cuando las propiedades tóxicas de este elemento fue-

ron usadas en el desarrollo de poderosas armas químicas durante la primera y segunda guerras mundiales.

## Sobre sus propiedades nucleares

De los 29 isótopos del arsénico que han sido estudiados y caracterizados solo el arsénico-75 es estable. Este fue detectado por primera vez en 1920 en el Laboratorio Cavendish por espectrometría de masas. Este puede ser fácilmente encontrado en el agua, suelo y aire. El rango de masas atómicas de los isótopos del arsénico varía desde 64 a 92, y la mayoría de aquellos que son radiactivos presentan tiempos de semidesintegración menores a 24 horas. Entre las principales rutas para la producción de los mismos se encuentran las reacciones nucleares llevadas a cabo en aceleradores y la fisión neutrónica. Tres de los radioisótopos del arsénico (72, 74, 77) poseen propiedades idóneas para su aplicación en la medicina nuclear.

El arsénico-72 posee características nucleares convenientes que justifican su empleo en la tomografía por emisión de positrones (PET, por

sus siglas en inglés). Este emite un positrón con una energía máxima de 3,334 MeV y posee un tiempo de vida media de 26 horas deca- yendo a germanio-72 estable.

Emite además un rayo gamma detectable con una energía de 833 keV. El arsénico-74, con un tiempo de semidesintegración de 17,8 días decae a través de dos rutas: emisión positrónica ( $\beta^+$ ) a germanio-74 o a través de emisión beta negativa ( $\beta^-$ ) a selenio-74 estable. Los modos de decaimiento del arsénico-74 permiten su uso como agente teragnóstico (dígase de aquellos radioisótopos que pueden ser empleados tanto en el diagnóstico como en el tratamiento de enfermedades). El arsénico-77 es empleado en la medicina nuclear como agente terapéutico. Este decae por emisión  $\beta^-$  con un tiempo de vida media de 38,8 horas. Las características físicas de este radioisótopo se complementan con aquellas del arsénico-72 para crear un poderoso agente teragnóstico.



**Sigue nuestra sección  
#El\_Elemento en la  
web!**



# La biomasa como fuente de energía y materiales

Por Dr.C. Ramón Piloto Rodríguez\* y Dr.C. Yosvany Díaz Domínguez\*\*

\*Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables. Universidad Tecnológica de La Habana

\*\*Facultad de Ingeniería Química. Universidad Tecnológica de La Habana

El uso de las fuentes renovables de energía (FRE) para satisfacer la creciente demanda energética y reducir la contaminación causada por el actual modelo basado en combustibles fósiles, tiene como fuente principal productora de energía en muchos escenarios a la biomasa, aunque no sea la FRE más promovida en los medios de difusión. Una ventaja fundamental de esta respecto a dos muy conocidas como son la Energía Solar y la Energía Eólica, es la no intermitencia de la fuente en cuestión. Mientras las FRE mencionadas deben lidiar con los muy frecuentes períodos de intermitencia que solo se suplen con sistemas eficientes y costosos de alma-

Bioeléctrica ubicada en el Central "Ciro Redondo" en Ciego de Ávila. Primera conectada al sistema electroenergético nacional. Foto tomada del sitio oficial del MINEM



cenamiento de energía, la biomasa es por definición una fuente con energía acumulada naturalmente y disponible para su uso cuando se necesita, aunque requiere conversión, acondicionamiento y tecnologías asociadas.

Además de lo anteriormente definido como característica distintiva de la biomasa como FRE, hay un hecho que es esencial y estratégico a largo plazo; la biomasa es el único recurso neutral a emisiones de carbono,

que puede competir con los combustibles fósiles como fuente energética

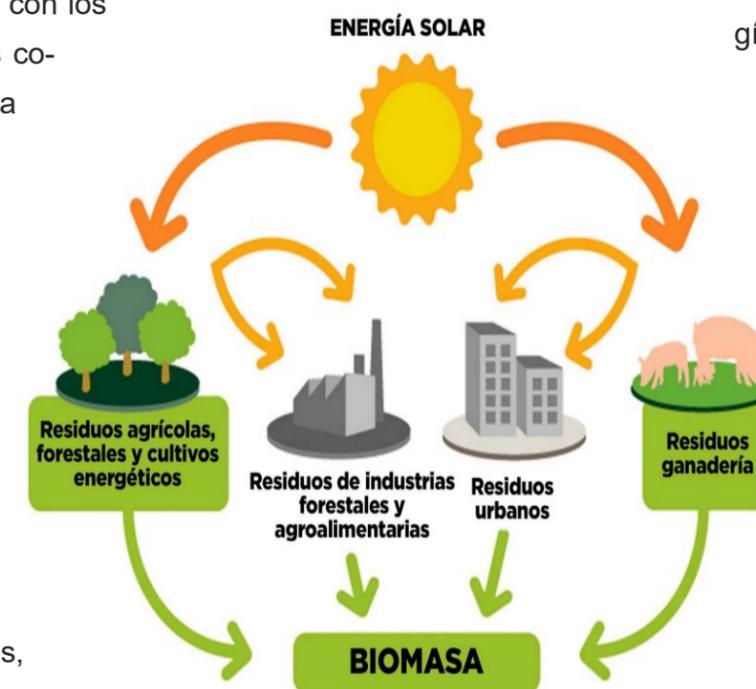
y a la vez ser una amplia fuente de producción de productos químicos de diversa naturaleza y complejidad. Se habla hace muchos años de producir energía con tecnologías limpias, pero poco se comenta de la era pos-petróleo, quizás debido a que se visualiza como un hecho seguro pero distante en el tiempo. Se habla de FRE para resolver el problema energético en el momento actual y en una era pos-petróleo, pero es bien sabido que la sociedad actual depende casi totalmente de la industria petroquímica.

El enfoque a esta problemática debería ser más amplio. No es posible hablar de produc-

ción de energía ni de una sociedad tal como es hoy sin hablar de materiales, de un sustituto de materiales para toda una industria petroquímica que no existirá en un futuro. En este contexto, la biomasa, no sin antes desarrollar tecnologías que van mucho más allá de las actuales, es esencial para solucionar problemas energéticos y ser la base de gran parte de la sustitución de materiales y compuestos químicos.

También dada la complejidad de la fuente en sí y de las tecnologías energéticas, se requiere de un enfoque transdisciplinario donde la Química y la Ingeniería Química juegan un papel fundamental.

La biomasa lignocelulósica en particular, tiene tres componentes fundamentales: **celulosa, hemicelulosa y lignina**. Estos son biopolímeros de extensas cadenas [1]. La mayoría de los productos químicos derivados del petróleo o gas natural pueden ser obtenidos mediante conversión de biomasa. Las dos principales plataformas son: **1) basada en azúcares** (glucosa, fructosa, xilosa, arabinosa, lactosa, sacarosa y almidón) y **2) basada en gas de síntesis**. A partir de los componentes principales del gas de síntesis (dihidrógeno y monóxido de carbono), es



El enfoque a esta problemática debería ser más amplio. No es posible hablar de producción de energía ni de una sociedad tal como es hoy sin hablar de materiales, de un sustituto de materiales para toda una industria petroquímica que no existirá en un futuro. En este contexto, la biomasa, no sin antes desarrollar tecnologías que van mucho más allá de las actuales, es esencial para solucionar problemas energéticos y ser la base de gran parte de la sustitución de materiales y compuestos químicos.

También dada la complejidad de la fuente en sí y de las tecnologías energéticas, se requiere de un enfoque transdisciplinario

donde la Química y la Ingeniería Química juegan un papel fundamental.

La biomasa lignocelulósica en particular, tiene tres componentes fundamentales:

**celulosa, hemicelulosa y lignina**. Estos son biopolímeros de extensas cadenas [1]. La mayoría de los productos químicos derivados del petróleo o gas natural pueden ser obtenidos mediante conversión de biomasa. Las dos principales plataformas son: **1) basada en azúcares** (glucosa, fructosa, xilosa, arabinosa, lactosa, sacarosa y almidón) y **2) basada en gas de síntesis**. A partir de los componentes principales del gas de síntesis (dihidrógeno y monóxido de carbono), es

El enfoque a esta problemática debería ser más amplio. No es posible hablar de producción de energía ni de una sociedad tal como es hoy sin hablar de materiales, de un sustituto de materiales para toda una industria petroquímica que no existirá en un futuro. En este contexto, la biomasa, no sin antes desarrollar tecnologías que van mucho más allá de las actuales, es esencial para solucionar problemas energéticos y ser la base de gran parte de la sustitución de materiales y compuestos químicos.

También dada la complejidad de la fuente en sí y de las tecnologías energéticas, se requiere de un enfoque transdisciplinario

donde la Química y la Ingeniería Química juegan un papel fundamental.

La biomasa lignocelulósica en particular, tiene tres componentes fundamentales:

**celulosa, hemicelulosa y lignina**. Estos son biopolímeros de extensas cadenas [1]. La mayoría de los productos químicos derivados del petróleo o gas natural pueden ser obtenidos mediante conversión de biomasa. Las dos principales plataformas son: **1) basada en azúcares** (glucosa, fructosa, xilosa, arabinosa, lactosa, sacarosa y almidón) y **2) basada en gas de síntesis**. A partir de los componentes principales del gas de síntesis (dihidrógeno y monóxido de carbono), es

El enfoque a esta problemática debería ser más amplio. No es posible hablar de producción de energía ni de una sociedad tal como es hoy sin hablar de materiales, de un sustituto de materiales para toda una industria petroquímica que no existirá en un futuro. En este contexto, la biomasa, no sin antes desarrollar tecnologías que van mucho más allá de las actuales, es esencial para solucionar problemas energéticos y ser la base de gran parte de la sustitución de materiales y compuestos químicos.

También dada la complejidad de la fuente en sí y de las tecnologías energéticas, se requiere de un enfoque transdisciplinario

donde la Química y la Ingeniería Química juegan un papel fundamental.

La biomasa lignocelulósica en particular, tiene tres componentes fundamentales:

factible la síntesis de moléculas más complejas. La producción de combustibles líquidos, calor y electricidad a partir del procesamiento de material lignocelulósico es posible mediante la síntesis de Fischer-Tropsch [2].

La establecida industria de biocombustibles está basada en la producción y uso de biodiesel y bioetanol. El biodiesel representa los metil o etil ésteres de ácidos grasos obtenidos por transesterificación (frecuentemente requiere etapa

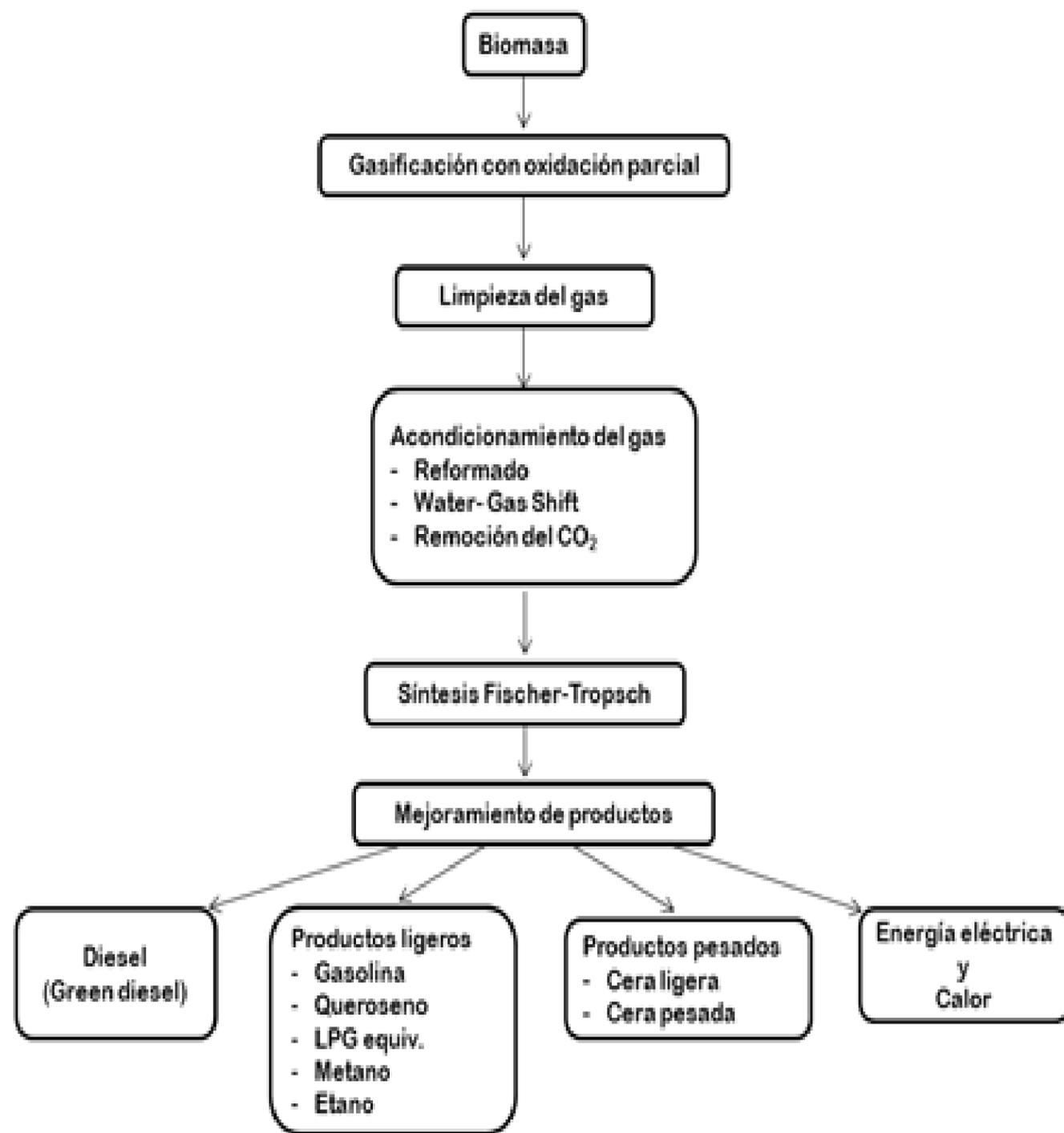
previa de esterificación) del material lipídico extraído de una planta oleaginosa o de un residual industrial. Para el desarrollo de dicho proceso se emplea catálisis homogénea (ácida o básica), catálisis enzimática, o heterogénea. Esta última puede partir de diferentes sustratos, y entre ellos a partir de material lignocelulósico, desarrollar catalizadores contribuyendo a la economía circular de la propia industria.

La biomasa puede ser convertida para sustituir a los actuales plásticos, compuestos químicos, combustibles, calor y electricidad en una **biorefinería**. Compuestos de alto valor agregado como aceites esenciales y componentes de medicamentos también pueden ser

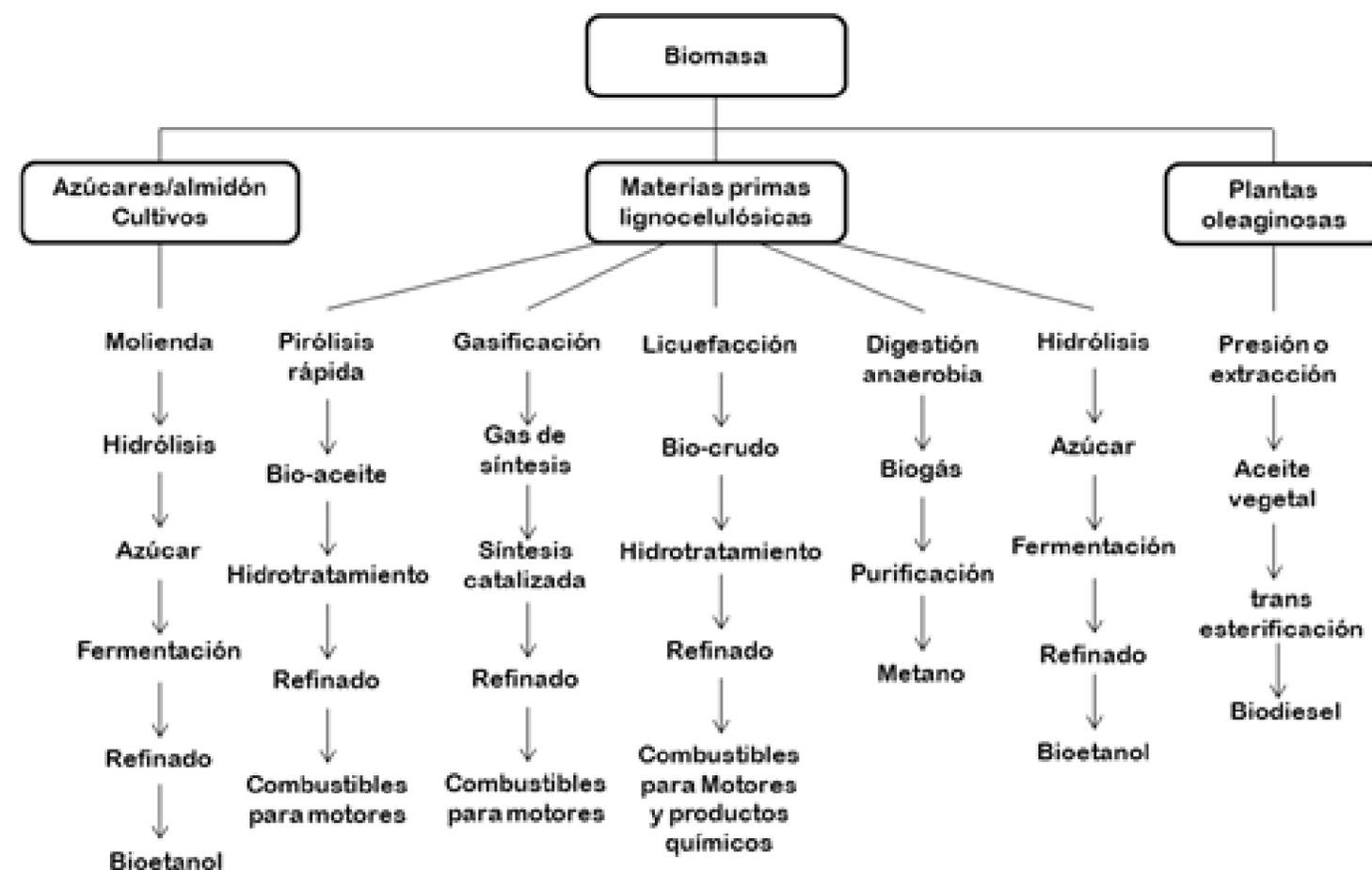
obtenidos. Las grandes biorefinerías son capaces de integrar diferentes tecnologías para extraer el máximo valor a la biomasa. El intervalo de materias primas para su procesamiento es amplio; cada combinación de materiales de partida, de procesos y productos intermedios se caracteriza por combinaciones propias de oportunidades técnicas y económicas, desarrollo de tecnologías emergentes y traspaso de barreras tecnológicas.

Una clasificación general permite identificar tres tipos de biorefinerías:

- Produce etanol vía fermentación de carbohidratos de maíz, trigo o caña de azúcar como materia prima.

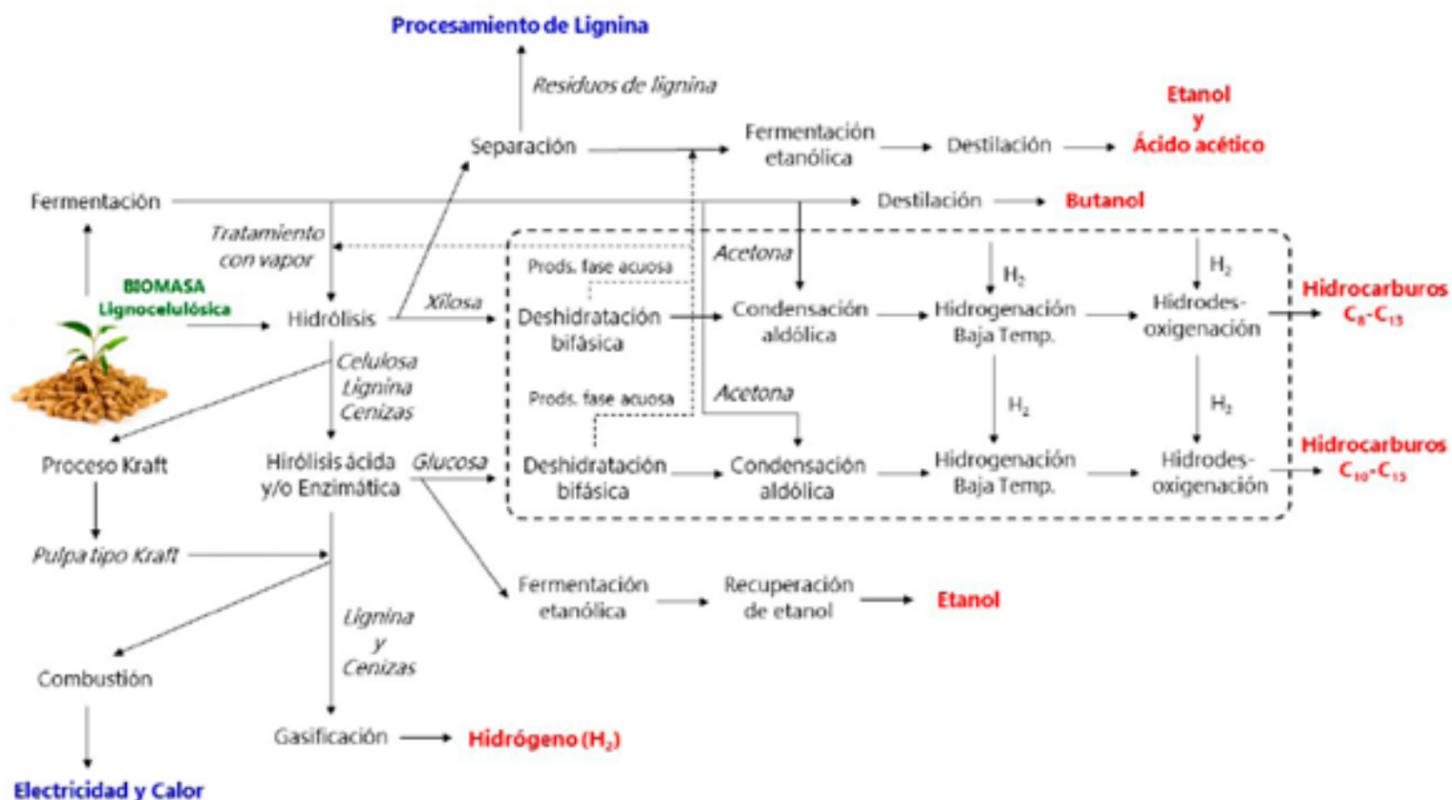


Productos a partir de biomasa mediante la síntesis de Fischer-Tropsch



Procesos de conversión de material lignocelulósico a biocombustibles

- Utiliza los mismos tipos de materia prima, pero se enfoca en la producción de una gama más amplia de productos de mayor valor.
- Utilizan como materia prima fracciones de biomasa (celulosa, hemicelulosa y lignina) para la producción de productos químicos y combustibles avanzados [3].



Esquema básico de una biorefinería para procesar biomasa lignocelulósica

No es posible desarrollar del todo una industria de materiales sustitutos de la muy diversa industria petroquímica, ni producir bioenergía de manera óptima, eficiente, limpia e integrada sin enfocar los estudios de nuevas tecnologías hacia un adecuado desarrollo y aplicación de las ciencias químicas. A pesar de la transdisciplinariedad que conlleva, la mayor capacidad y necesidad innovativa corresponderá a las ciencias químicas y afines.

## Referencias

1. Biomass Gasification and Pyrolysis (<https://www.sciencedirect.com/>)

[book/9780123749888/biomass-gasification-and-pyrolysis](https://www.springer.com/gp/book/9780123749888/biomass-gasification-and-pyrolysis))

2. Biorefineries. For Biomass Upgrading Facilities (<https://www.springer.com/gp/book/9781848827202>)
3. La biomasa: fuente alternativa de combustibles y compuestos químicos (<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7285186.pdf>)

# George Rosenkranz, su estancia en los laboratorios VIETA-PLASENCIA (Cuba) y SYNTEX (México)

Por Dra.C. Rebeca Vega Miche y MSc. Leonardo González Ceballos

Facultad de Química, Universidad de La Habana

Desde el arribo al poder en 1933 del Partido Nacional Socialista Obrero Alemán, el sentimiento antisemita en Alemania fue *in crescendo*, agudizándose especialmente a partir de la Noche de los Cristales Rotos.<sup>1</sup> El comienzo de la II Guerra Mundial y la represión, asesinatos, detenciones y deportación a campos de concentración en Alemania y territorios ocupados, provocaron la emigración de miles de judíos hacia otros países.



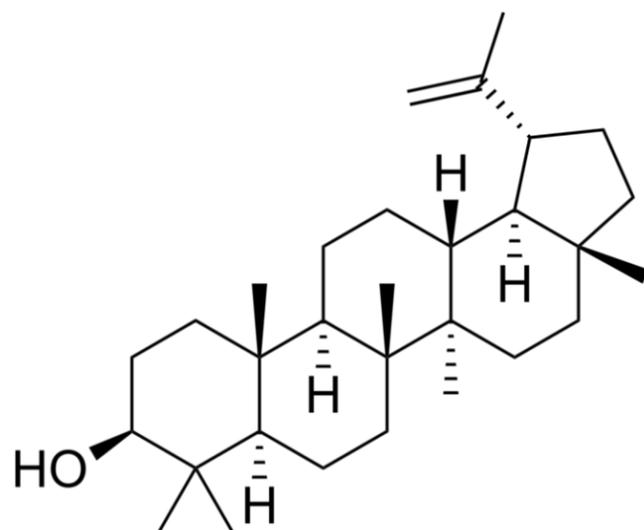
George Rosenkranz (centro) durante la conferencia de prensa de los laboratorios SYNTEX en 1951 para anunciar la síntesis de la cortisona.

Aunque Suiza era un estado neutral, los rumores sobre una posible invasión nazi, hicieron que un grupo de jóvenes químicos judíos que cursaban estudios en el Instituto Federal Tecnológico de Zurich (ETH Zúrich), en Suiza, decidieran huir para proteger sus vidas. Entre estos jóvenes se encontraba George (György) Rosenkranz (1916-2009), un ingeniero químico húngaro de 24 años.

Rosenkranz estudió en el ETH Zúrich, y finalizados sus exámenes comenzó a trabajar en su tesis doctoral en el propio instituto, bajo la dirección de su profesor de Química Orgánica Leopold Ruzicka.<sup>ii</sup> Ruzicka exigía a sus discípulos, no solo vastos conocimientos acerca de las estructuras y reacciones de las sustancias orgánicas, sino también especiales habilidades para el trabajo en el laboratorio con las pequeñas cantidades de sustancias extraídas a partir de productos naturales.

Rosenkranz trabajó en la elucidación estructural del lupeol, un triterpeno pentacíclico, logran-

do identificar la presencia inusual de un grupo isopropenilo y postular en su tesis que dicho radical se encontraba enlazado a un anillo de cinco miembros.



Estructura del lupeol

Su trabajo en terpenos lo llevó a especular sobre una posible conexión entre los triterpenos y los esteroides [1] a raíz de sus contactos con Rusell Marker,<sup>iii</sup> pionero en el trabajo con saponinas esteroidales. La tesis le permitió obte-

Escuela Técnica Superior de Karlsruhe y posteriormente en la Universidad de Basilea. Impartió Química Orgánica en el ETH Zúrich. Estableció el método para la síntesis de hormonas sexuales. Por su trabajo en polímeros y terpenos pesados, fue galardonado con el Premio Nobel de Química en 1939, compartido con Adolf Butenandt.

iii. **Rusell E Marker (1902–1995)**. Químico estadounidense. Propuso, en 1938, una nueva estructura molecular para las saponinas, y desarrolló la degradación de Marker, método mediante el cual era posible obtener testosterona, progesterona, estrona y estradiol a partir de la diosgenina. Obtuvo por primera vez la progesterona semisintética a partir de productos naturales.

ner el grado de Doctor en Ciencias Técnicas.

A fines de 1941, Rosenkranz decide emigrar y Ruzicka obtuvo para él una plaza de profesor en Quito, Ecuador. Al despedirse, Ruzicka le aconseja no continuar su trabajo en esteroides, que ya todo estaba hecho en ese campo, advertencia que posteriormente el alumno no obedece y gracias a ello obtiene finalmente sus mayores logros científicos.

Rosenkranz abandona Zúrich junto a su colega Esteban Kaufmann, y ambos llegan a Cuba viajando a través de la Francia ocupada y España. En La Habana, los sorprende el ataque a Pearl Harbor, y tanto Rosenkranz como Kaufmann se vieron obligados a permanecer como refugiados en nuestro país luego de que fueran infructuosos sus intentos de unirse al ejército de los aliados tras el ataque japonés.

En Cuba existía una colonia judía, establecida principalmente en La Habana desde los años 20, no obstante, nuestro país fue generalmente un puente de tránsito hacia los Estados Uni-

dos. La guerra hizo que muchos inmigrantes judíos quedaran atrapados en nuestro país y aunque en general Cuba se mostró colaboradora con la aceptación de refugiados judíos del nazismo, no estuvo exenta de la influencia de la propaganda antisemita en la prensa cubana más conservadora y de la oposición de la Iglesia Católica y grupos ultraconservadores de la burguesía. Esta oposición provocó la promulgación de restricciones para obtener permisos de trabajo o puestos de trabajo en instituciones docentes.<sup>iv</sup>

Rosenkranz intentó como primera opción obtener trabajo en la Universidad de La Habana (UH), única institución de nivel superior en Cuba en ese momento. Esa tentativa resultó infructuosa a pesar de sus credenciales como alumno de Ruzicka, quien recientemente había sido laureado con el Premio Nobel en Química.

Se dirigió entonces a los Laboratorios Vieta-Plasencia. En la entrevista, el Dr. Vieta<sup>v</sup> le plantea a Rosenkranz que era el propietario de

i. **La Noche de los Cristales Rotos (Kristallnacht)** fue una serie de asesinatos y asaltos contra los judíos y sus propiedades, ocurrida en la noche del 9 al 10 de noviembre, conducida por las tropas de asalto SA en Alemania y Austria. Al menos 91 judíos fueron asesinados; otros 30 000 detenidos y luego deportados hacia campos de concentración; más de 1000 sinagogas fueron quemadas, y casas, escuelas y tiendas propiedad de judíos fueron dañadas. La Kristallnacht fue seguida por una persistente persecución política y económica a la población judía.

ii. **Laroslav (Leopold) Ružička (1887- 1976)**. Investigador y profesor de origen croata. Estudió en la

iv. Debe señalarse que muchos exiliados y refugiados, tuvieron dificultades para ejercer en Cuba las profesiones que requerían de título oficial. La Constitución del 40 solo lo permitía a cubanos por nacimiento o naturalizados que hubiesen obtenido esta condición con 5 años de anterioridad a la fecha de solicitud de la autorización para ejercer. A ello se le suma que en 1942 la Universidad de La Habana estableció que para revalidar la carrera los graduados extranjeros debían presentar una serie de documentos, entre ellos el título recibido y la certificación de estudios debidamente legalizados y

protocolizados en el extranjero, requisito difícil de cumplimentar dado que la mayoría de los refugiados se marcharon de manera precipitada o clandestina de su país de origen. También se exigía que los centros laborales tuviesen al menos un 50% de su plantilla a cubanos de origen o naturalizados y que de tener que seleccionar se prefiriese a un cubano sobre un inmigrante.

v. **Dr Ángel Vieta Barahona**, Decano en la época de la Facultad de Medicina en la UH y copropietario de los Laboratorios Vieta-Plasencia.



Antes y después de los laboratorios VIETA-PLASENCIA, ubicados en calle Reina No 310 entre Campanario y Lealtad, La Habana, Cuba. A la **izquierda**: Foto original de 1929 con imagen del Dr. Vieta. A la **derecha**: imagen actual del inmueble.

la mayor firma farmacéutica de Cuba pero que nunca había necesitado a un químico, a lo que el joven osadamente le responde, contráteme y se lo demostraré. Así, el Dr. Rosenkranz obtiene un puesto en la compañía con el exiguo salario de una secretaria, ¡25 pesos semanales!

A sugerencia de Vieta, Rosenkranz intenta obtener una preparación de bismuto liposoluble, para el tratamiento de enfermedades venéreas, enfrentándose a la síntesis del compuesto sin disponer de los reactivos necesarios (tuvo que sintetizar su propio éter etílico), con equipos de vidrio (hasta la fecha poco frecuentes), y teniendo que entrenar como ayudantes, a inexpertos estudiantes universitarios, eso sí, muy

entusiastas y ansiosos por aprender según el propio Rosenkranz. Su audacia, inteligencia y perseverancia, así como una intensa búsqueda bibliográfica en la escasa literatura química y farmacéutica disponible, le permitió a Rosenkranz obtener el preparado, y llevar a vías de éxito los ensayos clínicos en el hospital Calixto García dirigido por el propio Dr. Vieta.

Luego de su primer éxito, Rosenkranz continuó adentrándose en el mundo de la química medicinal, obteniendo un poderoso analgésico que se usó en Cuba durante mucho tiempo después. Diseñó una modesta planta de destilación para obtener vitamina A, a partir de aceite de hígado de tiburón. Junto con el Dr. Kauf-

mann, Rosenkranz organizó el negocio de la pesca del tiburón en Cuba para poder producir con calidad y en cantidades suficientes su materia prima. También comenzó a obtener productos enriquecidos en vitamina C a partir de liofilizar pulpa de guayaba. Tal fue el conocimiento alcanzado por Rosenkranz en la determinación de vitaminas, que esto le permitió operar con fines comerciales un laboratorio analítico como proyecto colateral. Tras sus éxitos científicos, la Universidad de la Habana le pide disculpas y solicita sus servicios como docente, pero con su honor herido Rosenkranz declinó la oferta, aunque posteriormente accedió a colaborar en una posición no académica.



Estudiantes del Doctorado en Ciencias Físico Químicas trabajando en los Laboratorios Vieta-Plasencia en 1945, entre ellos Ernest Eliel. Cortesía de J. Seeman

NOTA:

*Este trabajo ha sido realizado en el Departamento de Investigaciones de los Laboratorios VIETA-PLASENCIA, S.A., en la Habana bajo la supervisión de sus directores científicos, Dr. Jorge Rosenkranz y Dr. Esteban Kaufmann.*

*Quiero aprovechar esta oportunidad para dar mis gracias a los Laboratorios Vieta-Plasencia por haber puesto a mi disposición los aparatos y materiales de experimentación, y a los Dres. J. Rosenkranz y S. Kaufmann por la gran ayuda que me han prestado por sus valiosos consejos y su constante interés en mi trabajo.*

*Dedicatoria de Ernest Eliel a Rosenkranz, Kauffman y a los Laboratorios Vieta-Plasencia.*

Rosenkranz llega a ser nombrado director de investigaciones del laboratorio y junto al Dr. Kaufmann, dirigen un grupo de importantes tesis de grado de estudiantes universitarios.

En el libro **Facetas de la Vida Republicana** [2], el historiador de la ciudad Emilio Roig de Leuchsenring, menciona, entre otras tesis, **“El Aldehído Homoverátrico. Intermediario para la síntesis de Homoverátrilamina y Ácido Homoverátrico”** realizada por Ernest L. Eliel; y la de Mercedes Pérez Gracia **“Determinación nuclear del bromo en el x, 2,3-tribromuro del metileugenol”**, destacando esta última, por ser la primera vez que en Cuba se llevó a cabo una determinación estructural. Roig menciona que los trabajos de

investigación química llevados a cabo en ese centro farmacéutico bajo la dirección de George Rosenkranz y Esteban Kaufmann, y bajo la iniciativa del Dr. Vieta marcan el inicio de la labor investigativa en opción a un título universitario en Cuba.

Trabajando para Vieta-Plasencia, Rosenkranz insiste en explorar la posible producción de esteroides dado su alto precio en el mercado a partir de plantas cubanas sin mucho éxito. Es interesante señalar la tesis **“Estudio de Saponinas y Sapogeninas en diferentes plantas”** de Margarita Castro Conde, como ejemplo de que Rosenkranz no había olvidado sus intereses en los compuestos esteroidales. No obstante, Rosenkranz persevera y logra obtener por el método de Marker, una pequeña cantidad de progesterona a partir de raíces de sarsaparilla importada desde México [1].

Rememorando sus experiencias en Cuba y luego en México, Rosenkranz señaló posteriormente en una de sus publicaciones, que...

*“...en América Latina a los químicos se les entrenaba para la enseñanza, pero no para trabajar en la investigación o en la industria”.*

También en otro momento Rosenkranz refiere

vi. Los doctores **E. Somlo** y **F. Lehmann** (propietarios de Syntex) le preguntaron a Rosenkranz si él sabía cómo realizar la **oxidación de Oppenauer** así como sintetizar **tributóxido de Aluminio**, el catalizador de dicha reacción, ante la respuesta afirmativa del químico, estos le dieron una bata, lo llevaron para el laboratorio y le pidieron que lo demostrara.

vii. **Curiosidad.** George Rosenkranz fue varias veces

*“(...) tres brillantes y sobresalientes alumnos emergieron por esos días, Eliel (futuro presidente de la American Chemical Society), Fausto Ramírez (más tarde profesor de Química Orgánica en Columbia University y en la State University in New York), y John Weisburger de la American Health Foundation (...).”*

Los trabajos de Rosenkranz en Cuba son conocidos en los laboratorios mexicanos Syntex, lugar donde Russell Marker había producido la progesterona. Los directivos de Syntex se encontraban en una difícil situación para sacar adelante la producción de la hormona, ya que Marker había abandonado la empresa por discrepancias con los inversores, llevándose consigo las fórmulas y técnicas del trabajo. En agosto de 1945, Rosenkranz es invitado a una entrevista en Syntex, y luego de haber realizado exitosamente una reacción química específica sin recibir ninguna instrucción previa,<sup>vi</sup> sale airoso de la misma y con la promesa de un laboratorio para desarrollar su trabajo.

Rosenkranz, regresa brevemente a Cuba para dar por finalizada su estancia y contraer matrimonio con la austriaca Edith Stein,<sup>vii</sup> quien al igual que su esposo, había huido del nazismo y encontrado refugio en Cuba [3].

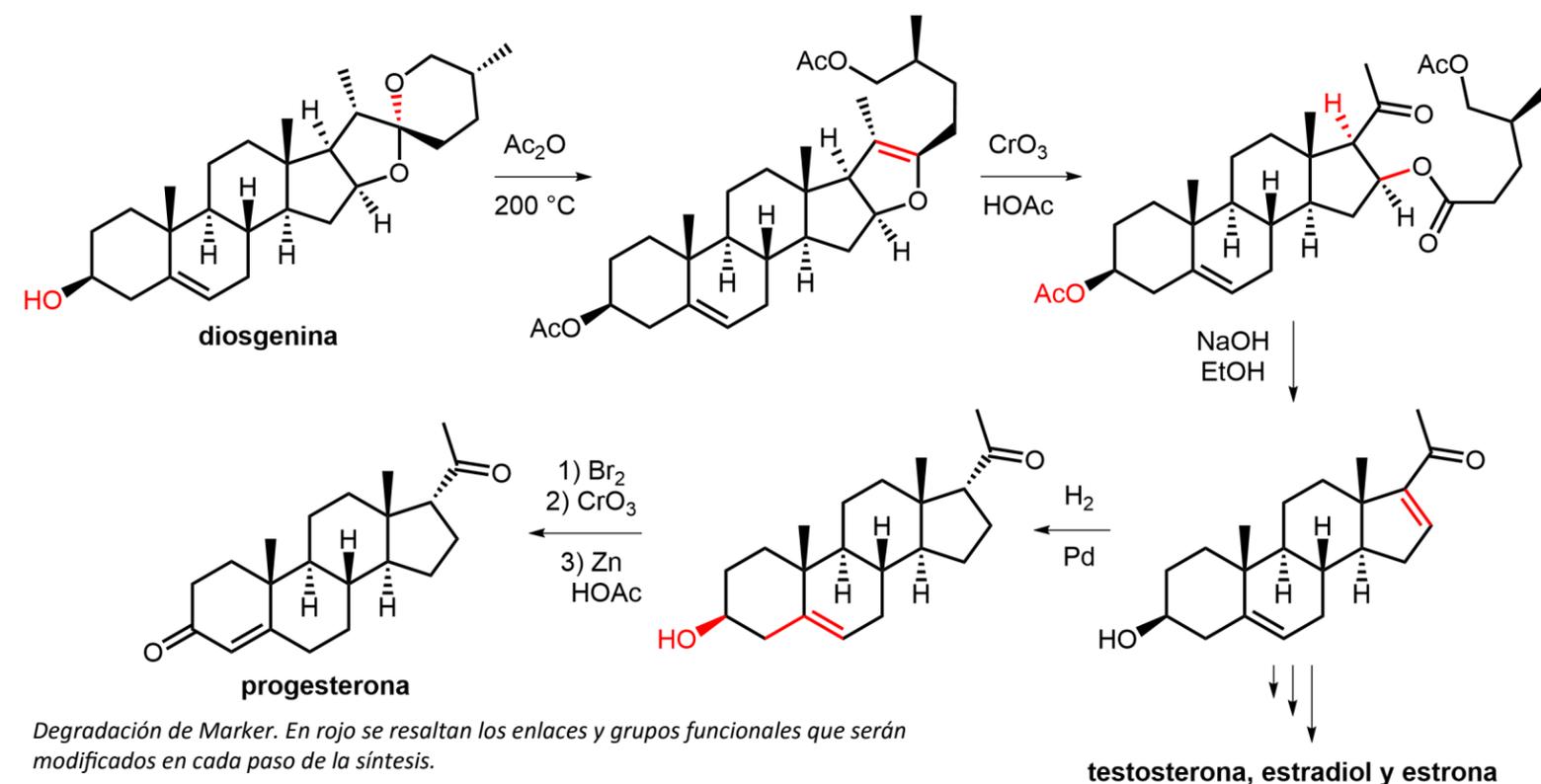
campeón mundial de bridge. De hecho, su esposa Edith, quien frecuentemente le acompañaba, fue secuestrada durante un torneo en Washington en 1983 [4] y Rosenkranz debió pagar un rescate de 1 millón de dólares. Edith permaneció secuestrada durante dos días, el FBI y la policía de Washington capturó a los secuestradores unos minutos después de haber sido liberada y el dinero fue recuperado íntegramente.



Edith y George Rosenkranz en el año 2004

Dos meses más tarde, recién casado, Rosenkranz se establece en México, y en Syntex encuentra una situación caótica ya que los operarios desconocían por completo los métodos, reactivos y fórmulas para la síntesis y producción de la progesterona. Rosenkranz asume el

reto con la colaboración de un pequeño grupo de extranjeros y científicos mexicanos [5, 6]. Apenas unos meses más tarde, gracias a su ingenio, Rosenkranz hizo posible que Syntex volviera a vender progesterona empleando la degradación de Marker e incluso elevando la



Degradación de Marker. En rojo se resaltan los enlaces y grupos funcionales que serán modificados en cada paso de la síntesis.

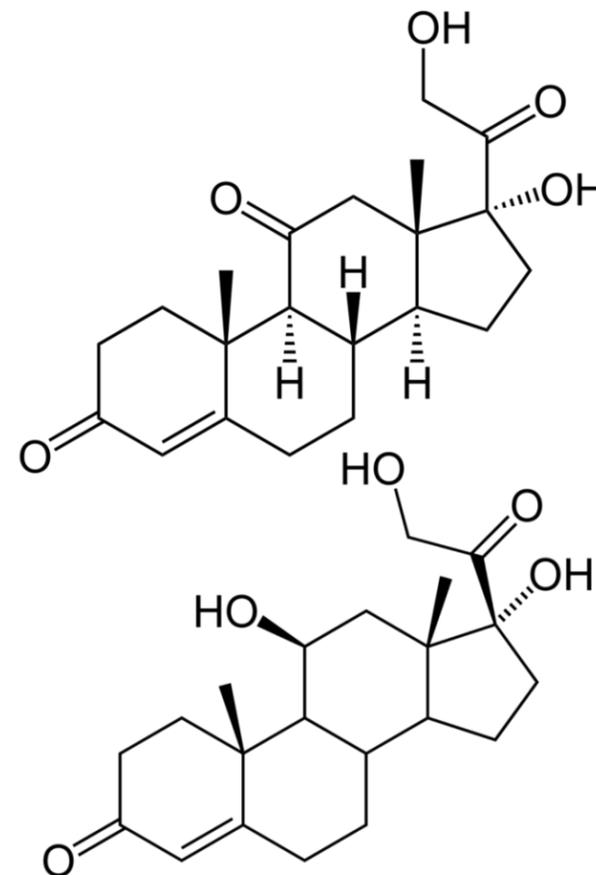
producción a niveles nunca antes vistos. Su primer aporte consistió en la sustitución de la materia prima usada por Marker, la planta “Cabeza de Negro”, por la raíz de la planta Barbasco.

A cargo de Syntex, Rosenkranz extendió la química de la diosgenina a la producción de testosterona y otras hormonas esteroidales también sintetizadas por Marker. Sin embargo, más importante resultó la creación de un sólido programa de investigación en Syntex, en parte apoyado por la creación del Instituto de Química, con el establecimiento de un programa de doctorado en química orgánica. Para muchos, jocosamente, Rosenkranz había creado en Syntex la “**Universidad de los Esteroides**”. Para consolidar este proyecto, Rosenkranz contrató inicialmente a su antiguo colega, el Dr. Kaufmann que se había quedado en Cuba ocupando su vacante en los laboratorios Vieta-Plascencia, posteriormente a los Drs. J. Norymberski y J. Pataki, provenientes de la ETH Zúrich, y finalmente a dos de sus mejores amigos en el futuro, Carl Djerassi y Alejandro

Zaffaroni.

El primero se encargó de la dirección de investigación, comenzando con un proyecto para la síntesis de la cortisona y el cortisol a partir de la diosgenina, dada la efectividad de estos compuestos en el tratamiento de la artritis reumatoidea; Aun cuando el proyecto fue exitoso, logrando reducir los 36 pasos necesarios hasta la fecha para producir cortisona a solo 14, este se vio opacado por los resultados reportados por las compañías Upjohn Co. y Merck & Co. No obstante, el método empleado por la compañía Upjohn Co., basado en una transformación bioquímica y unos pocos pasos después, empleaba progesterona como materia prima, y esto permitió que Syntex continuara generando ganancias. Por su parte, Zaffaroni, se encargó de la dirección de producción de la compañía.

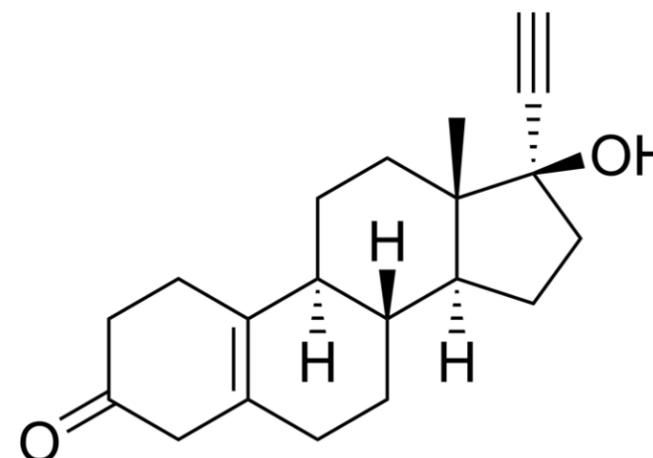
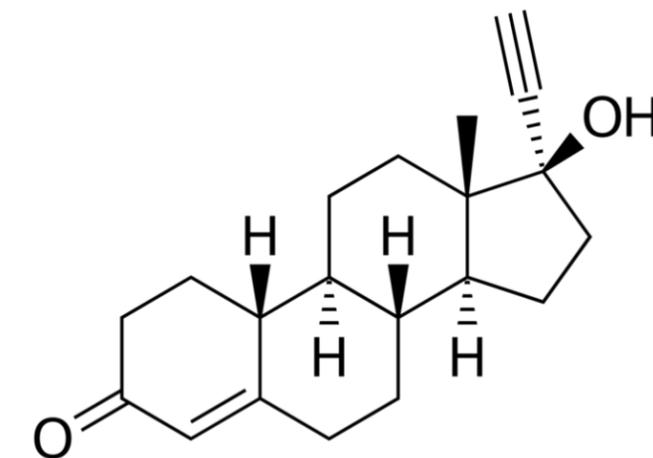
Bajo la guía de Rosenkranz, Syntex también compitió con otras compañías farmacéuticas en la búsqueda de un anticonceptivo oral efectivo. Conociendo que la progesterona prevenía la ovulación durante el embarazo, las investi-



Estructuras de la cortisona (arriba) y el cortisol o hidrocortisona (abajo) obtenidas en Syntex para el tratamiento de la artritis reumatoidea.

gaciones de Syntex se centraron en la síntesis de un análogo activo de la progesterona que pudiera ser suministrado por vía oral. A partir de la experiencia adquirida en la conversión de testosterona en estradiol y estrona y con la ayuda de una gran revisión de la literatura, el grupo de Djerassi diseñó, y en 1951, reportó la síntesis de noretindrona, el primer ingrediente activo de un anticonceptivo oral. En el último paso, Djerassi y su estudiante, Luis Miramon-

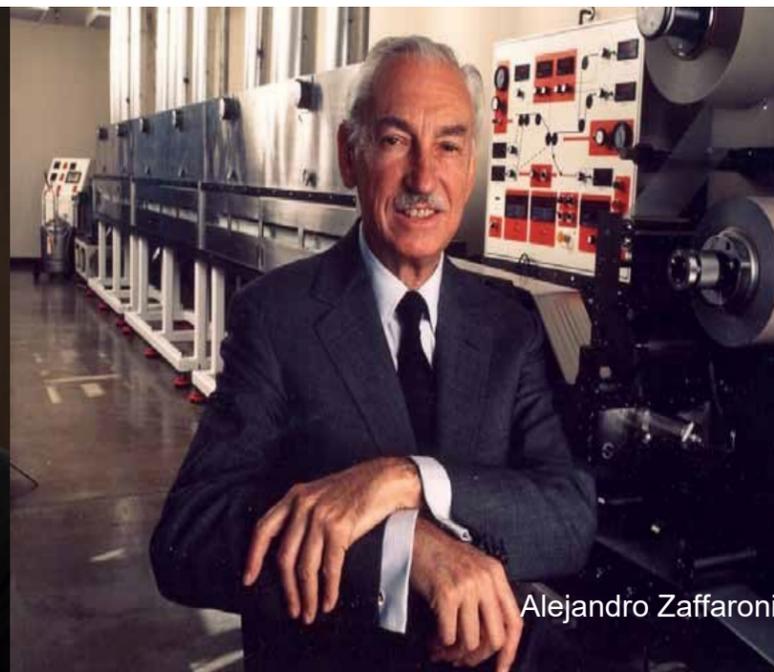
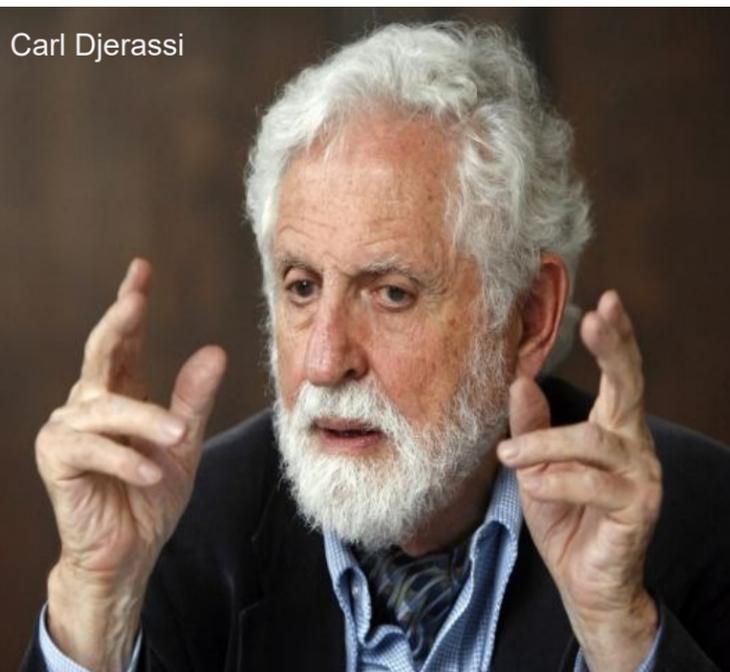
tes, tuvieron la genial idea de sustituir al benceno por tolueno, no por las propiedades carcinogénicas del primero (no conocidas en aquellos tiempos), sino debido a la mayor temperatura de ebullición del segundo. Un aspecto de suma importancia si se tienen en cuenta los 2400 metros de altitud de la Ciudad de Méxi-



Anticonceptivos orales: noretindrona (arriba) y su isómero noretindrol (abajo) vendidos por Syntex y G. D. Searle and Co. respectivamente.

co.<sup>viii</sup>

Carl Djerassi



Alejandro Zaffaroni

viii. “Este era el tipo de cocina química a gran altitud que la mayoría de los gringos que trabajaban en los elegantes laboratorios a nivel del

mar de Harvard o Merck ni siquiera tenían que considerar”, comentó Djerassi [7].

Por diversas razones, fundamentalmente religiosas, la primera “píldora” en ser comercializada no fue la noretindrona de Syntex, sino la noretinodrel de G. D. Searle and Co. No obstante, la noretindrona constituyó más de la mitad de los anticonceptivos vendidos en la década de los 70s y el más activo de su tiempo.

Durante la década de los 50 Syntex y sus competidores producían más de la mitad de las hormonas sexuales que se vendían en los Estados Unidos. El éxito económico de Syntex se correspondía con su reputación científica gracias a la política de publicación tan liberal instaurada por Rosenkranz, pues una vez patentado el producto, se venía la avalancha de artículos. Tal es así, que las publicaciones de Syntex, más de 140 en apenas 15 años (1945–1960), constituyeron el 30% de los artículos contenidos en la revista **Steroids** provenientes

del sector no académico.

León Olivares plantea [6] que el Laboratorio Syntex, con Rosenkranz y su equipo de investigadores al frente, logró una hazaña en la síntesis de compuestos esteroideos, especialmente de hormonas sexuales, lo cual puede considerarse como un ejemplo de la importancia de la interacción ciencia-tecnología-sociedad.

Por otro lado, el tránsito de Rosenkranz por Cuba deja al descubierto la crítica condición económica, política y social, y en especial, el escaso desarrollo de la Química en Cuba, durante la primera mitad del siglo pasado. Situación que no propició el establecimiento de científicos como Rosenkranz y Kaufmann en nuestro país, desaprovechándose así la oportunidad inestimable de que contribuyeran de manera más importante al auge de la ciencia y la industria nacional.

Para concluir, quisiéramos traducir y compartirles las palabras con las que Rosenkranz culmina su artículo **From Ruzicka terpenes to Mexican steroids via Cuba** [1] publicado en la revista **Steroids** en el año 1992:

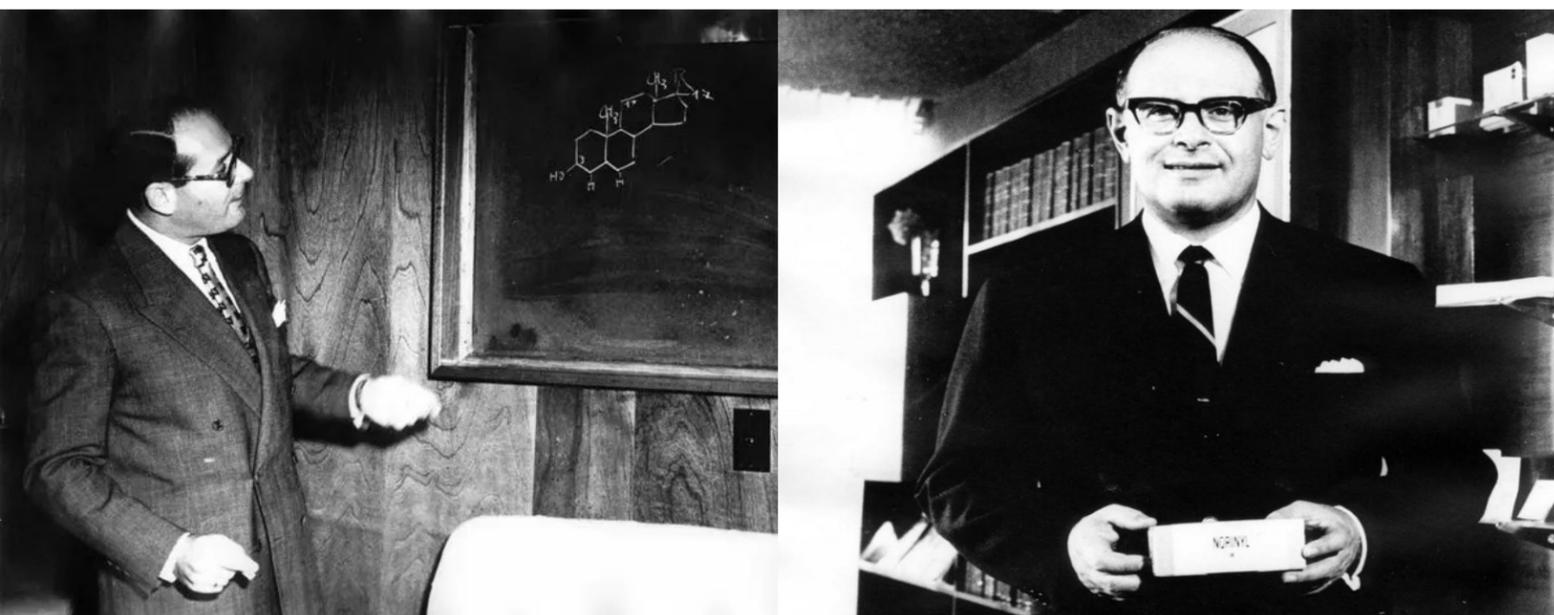
“...la explosión exponencial del conocimiento durante la última década y los impresionantes descubrimientos en la ciencia y la tecnología, son la prueba irrefutable de la voluntad del hombre en aras de cumplir sus sueños. ¿Qué fuerza motriz es la que está detrás de todo esto? Es esa llave mágica a todos los logros, ese ingrediente preciado que todos poseemos; esa que Marañón,<sup>ix</sup> el gran endocrinólogo español, llamó la hormona no-sintetizable del alma, el **entusiasmo**.”

## Referencias

1. From Ruzicka's terpenes in Zurich to Mexican steroids via Cuba (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0039128X9290085N>)
2. Facetas de la vida de Cuba republicana, 1902-1952 (<https://www.worldcat.org/title/>

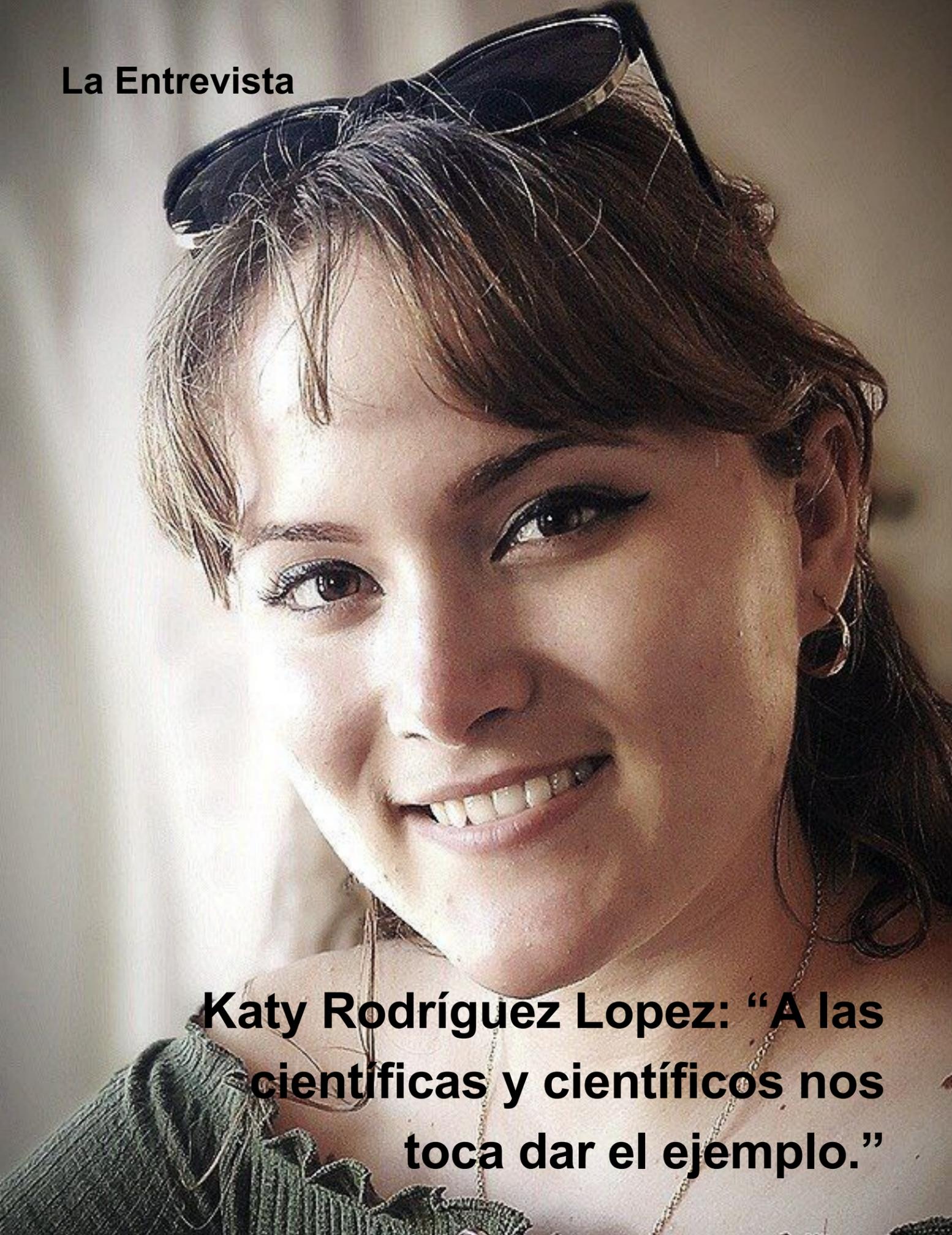
[facetitas-de-la-vida-de-cuba-republicana-1902-1952/oclc/1971056](https://www.worldcat.org/title/facetitas-de-la-vida-de-cuba-republicana-1902-1952/oclc/1971056))

3. George Rosenkranz, 102, a Developer of the Birth Control Pill, Is Dead (<https://www.nytimes.com/2019/06/23/obituaries/george-rosenkranz-dies-at-102.html>)
4. ACBL Bridge Beat #91: Rosenkranz Kidnapping (<https://acblstory.wordpress.com/2012/08/13/acbl-bridge-beat-91-rosenkranz-kidnapping/>)
5. Integración económica de los inmigrantes húngaros en México (<https://cdsa.aacademica.org/000-066/698.pdf>)
6. El origen de Syntex, una enseñanza histórica en el contexto de ciencia, tecnología y sociedad (<http://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v45n2/v45n2a10.pdf>)
7. George Rosenkranz and colleagues – Engineering the Sexual Revolution (<https://www.thechemicalengineer.com/features/cewctw-george-rosenkranz-and-colleagues-engineering-the-sexual-revolution/>)



George Rosenkranz discutiendo la estructura de un derivado esteroideo (arriba) y con la primera caja del anticonceptivo oral Norinyl (abajo) producido por Syntex.

ix. Gregorio Marañón y Posadillo (Madrid, 19 de mayo de 1887- 27 de marzo de 1960)



**Katy Rodríguez López: “A las científicas y científicos nos toca dar el ejemplo.”**

*Desde pequeña siempre me gustaron mucho las matemáticas y las ciencias naturales. Ya cuando llego al IPVCE conozco mejor el trabajo en el laboratorio y me fue gustando más aún. El trabajo experimental es una de las razones fundamentales que me hicieron decantarme por la Química y en especial la Radioquímica.*

*Por supuesto tengo de referencia a la Madre de la Radioquímica, Marie Curie, no solo por ser una gran científica, sino también una gran mujer.*

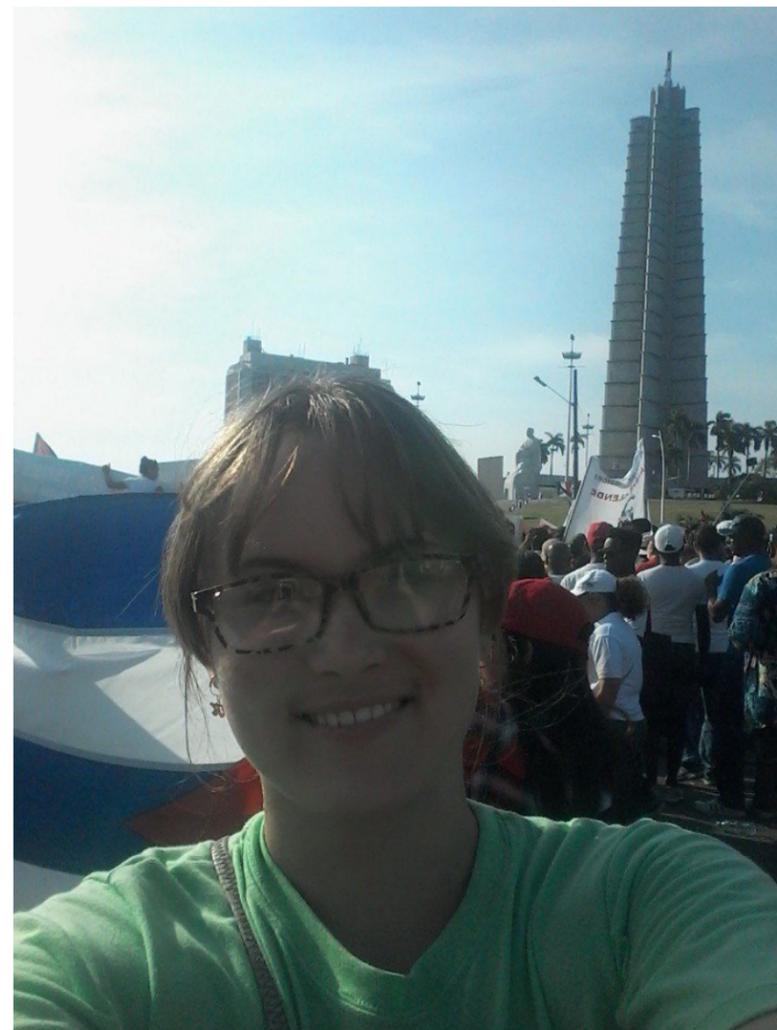
**Katy Rodríguez López es estudiante de último curso en la carrera de Radioquímica en el Instituto de Tecnología y Ciencias Aplicadas (InsTEC-UH) y, como sus compañeras, está llamada a ser el relevo de grandes mujeres de ciencia cubanas.**

### **Cuéntame de tu experiencia en la universidad.**

*Ha sido muy satisfactoria tanto en lo académico como en lo profesional. Siento que en ambos aspectos he crecido exponencialmente. Tengo la suerte de contar con un gran claustro de profesores que nos forma como científicos y que también nos inculca valores positivos para ser mejores personas.*

### **¿En algún momento te has sentido discriminada por ser mujer en el ámbito científico?**

*En mi experiencia personal no he sufrido esa discriminación. Al contrario, tengo excelentes*



*“Siento que en la universidad he crecido exponencialmente tanto en lo profesional como en lo personal”. Foto cortesía de la entrevistada*

*referentes de mujeres profesionales a quienes seguir. Desde la Jefa de mi carrera, la Dra.C. Zalua Rodríguez Riera, hasta las profesoras de diversas asignaturas, todas nos enseñan que sí se puede y propician ese ambiente positivo con nosotras y nuestros compañeros.*

*Claro que hay que reconocer que, aunque pueda no ser una práctica generalizada en el país, se dan casos de discriminación por género. Pero en mi trayectoria no me he visto involucrada en alguno.*



*promover en las facultades ese ambiente de equidad. Un ambiente donde “prediquemos con el ejemplo”. No sirve de nada hablar mucho del tema si no se ve y se siente que la no discriminación forma parte de la convicción de los docentes.*

**Katy es también la Presidenta de la Federación Estudiantil Universitaria en el Instituto, cargo que la dota de una visión y una plataforma más amplia sobre cómo desde la institución y las organizaciones se puede contribuir a una ciencia con más equidad.**

*Lo primero, y como ya había mencionado, es que tratamos de predicar con el ejemplo. La FEU es una organización que tiene una legitimidad entre los estudiantes; y que ellos noten en nosotros un trabajo y una convicción real de brindar igualdad de posibilidades sin discriminar de ninguna manera, es importante.*

*En nuestro caso del InsTEC-UH tenemos una dificultad añadida y es que existe una gran desinformación o información malintencionada con respecto a carreras como Física Nuclear e Ingeniería en Tecnologías Nucleares y Energéticas. Se tiene la falsa concepción de que esas carreras son “solo para hombres”. Eso da al traste con la pobre representación de mujeres en las aulas de estas especialidades.*

*Por eso nos hemos enfrascado en una*

*labor divulgativa para desmentir estos mitos, mostrando también los avances de nuestras muy buenas ingenieras y físicas nucleares que son a la vez mujeres, maestras y excelentes profesionales. Nos contenta ver que en los últimos años se ha ido acrecentando el número de*



*fémimas interesadas en esas carreras y creemos que debemos seguir el trabajo.*

## **¿Es la ciencia cubana una ciencia con equidad?**

*Tenemos la suerte de vivir en un país que se preocupa por brindar igualdad de oportunidades a todos sin importar género, raza o alguna otra diferencia. Todos somos iguales ante la ley. En el ámbito científico yo he notado que existe la misma preocupación y el mismo trabajo. Pero también notas que, a pesar de que no es institucional, persisten prácticas discriminatorias a distintos niveles.*

*No podemos olvidar, aunque estemos orgullosas del trabajo del país, que vivimos en una sociedad patriarcal donde las luchas por los derechos de la mujer están lejos de terminar. En la ciencia cubana debemos seguir en el trabajo constante para lograr superar las barreras que aún nos quedan y los retos que vendrán.*

*A las científicas y científicos nos toca dar el ejemplo, en nuestro ámbito cercano manejarlos sin ningún tipo de discriminación, también para sentar precedente para las nuevas generaciones. A las instituciones les toca ser más proactivas y actuar de manera firme ante cualquier forma de discriminación. Se debe respirar un ambiente de respeto e inclusión en todos nuestros centros de ciencia. Solo así se avanzará a una ciencia cubana siempre más equitativa.*

*“Siempre he podido sentir la sororidad y el apoyo de mis compañeras”.*  
Foto cortesía de la entrevistada

## **¿Y la sororidad entre las mujeres científicas?**

*Eso lo sientes siempre. En mi experiencia las mujeres tendemos a apoyarnos las unas a las otras y en el ámbito científico y universitario he contado con el apoyo de mis compañeras. Como decía, felizmente no ha tenido que ser en el enfrentamiento de algún acto de violencia o acoso, pero es bueno contar siempre con esa solidaridad entre nosotras.*

## **¿Crees que los temas de discriminación deban ser tocados durante la formación de los estudiantes?**

*Es importante, sí. Pero creo que es más importante ir a la raíz del asunto y no discriminar,*



# ¿Son eficientes nuestros centrales azucareros? Estudiantes de Ingeniería Química buscan respuestas\*

La sacarosa o azúcar común es el edulcorante más utilizado en el mundo industrializado en la preparación de alimentos y bebidas. Generalmente se extrae de la caña de azúcar, de la remolacha o del maíz y luego es purificada y cristalizada. Los niveles de consumo per cápita de azúcar en la mayoría de los países de la región se ubican entre 30 y 50 kilogramos al año, lo que representa del 13 al 21 por ciento de la ingesta calórica diaria de las personas, lo que contribuye significativamente al aporte de energía en la dieta de la población Latinoamericana y del Caribe [1].

La competencia entre los países productores y exportadores de azúcar, así como la presión que ejercen los sustitutos del azúcar, son factores que obligan a la industria azucarera de la región, a mejorar sus niveles de competitividad, para mantenerse en un mercado global y no depender de acuerdos preferenciales que pudieran verse en peligro por las tendencias a la liberación [1].

En la actualidad la economía cubana se ha visto afectada por el recrudescimiento del blo-

queo económico impuesto por los Estados Unidos y la situación sanitaria mundial con la aparición de la pandemia Covid-19 desde finales de diciembre del 2019. A pesar del escenario poco alentador; en los últimos años ha sido de interés especial para el país reanimar la industria azucarera, fortaleciendo la elaboración de un azúcar crudo y refino acorde a las más altas especificaciones del mercado internacional.

En un escenario poco alentador para la producción y las exportaciones, la industria azucarera cubana está pugnando desde hace varios años por el aprovechamiento integral de la caña de azúcar, incluido su potencial energético. Los productos derivados de su procesamiento permitirán el desarrollo de diversas materias primas y nuevos productos de importancia trascendental para la ganadería y las industrias alimentarias, ligera, química, farmacéutica, microbiológica y otras. Hay que señalar, sin embargo, que, por el momento, los productos derivados de la propia sacarosa aún no compiten con los derivados de la petroquímica [1].



Central Azucarero "Jesús Rabí". Foto cortesía de los autores

Uno de los centrales azucareros más influyentes en el aporte a la economía de la provincia de Matanzas es la UEB Central Azucarero *Jesús Rabí*. La actual Unidad Empresarial de Base, antes llamada *Doña Facunda* en 1874 y posteriormente *Porfuerza*, ubicada en la parte Sur del Municipio de Calimete en la Provincia de Matanzas se crea en el año 2012 a partir de la necesidad de fortalecer organizativa y productivamente el área industrial; se encarga del procesamiento de la caña de azúcar para la fabricación de azúcar crudo con una capacidad de molienda de 3750 t/día, y de la producción de energía y derivados para satisfacer las necesidades del mercado interno y la exportación. A la misma tributan materia prima 15 unidades productoras mayoritariamente a partir de cosecha mecanizada con equipos de nueva tecnología, incidiendo en el incremento de la

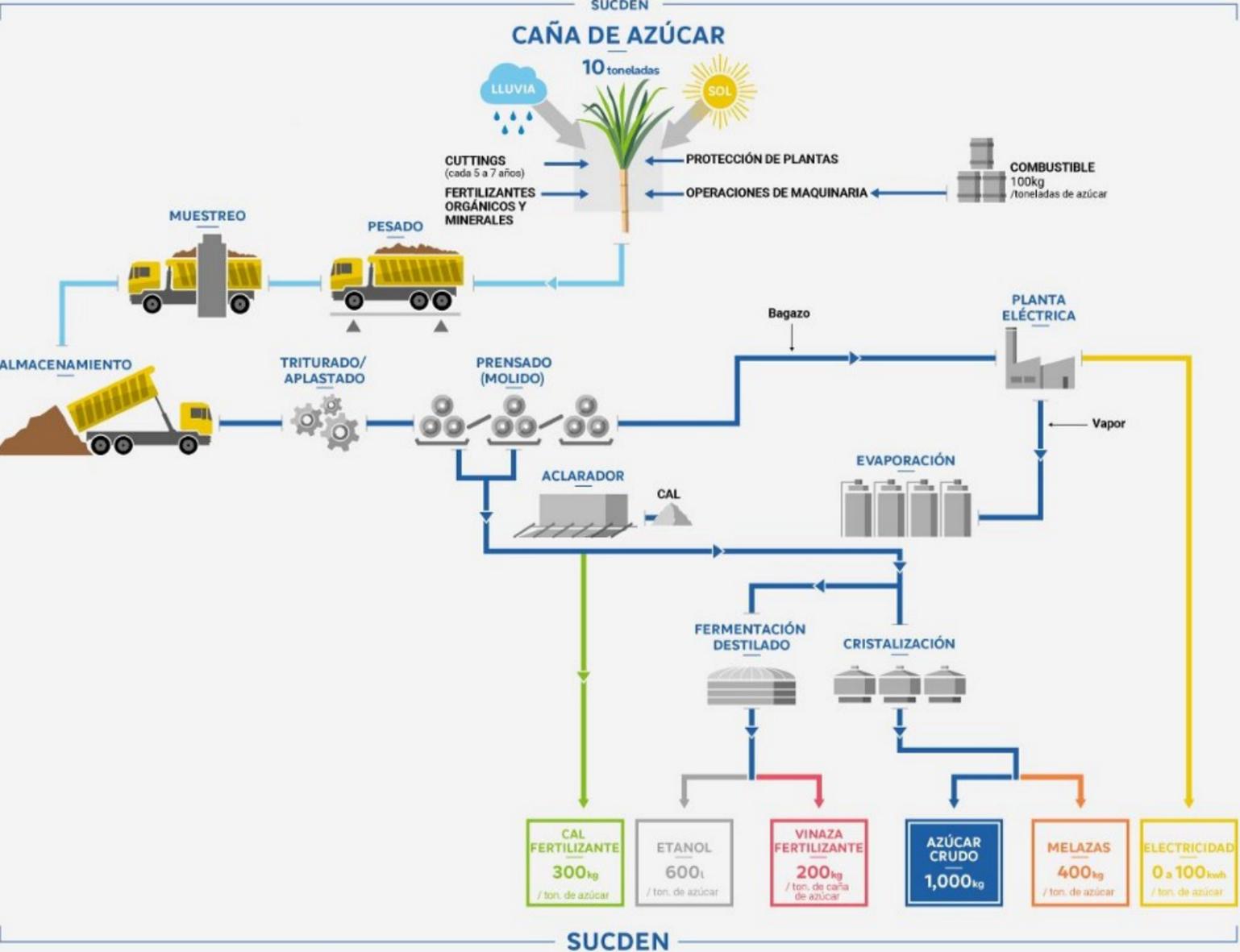
calidad.

## ¿Cómo se produce el azúcar de caña?

El proceso de producción cuenta con varias etapas como: Molienda, Purificación, Concentración y Cristalización, además de la etapa de Generación de Vapor.

## ¿Es eficiente el proceso de producción de azúcar crudo en la UEB Central Azucarero Industrial Jesús Rabí?

A esta pregunta intentaron dar respuesta **Ana Karla González Salgado, Julio César Peña Morales, Julio César Quintana Alfonso, Marian de la C. Barrios Ceballos y Claudia Au-**



Esquema de la producción de azúcar de caña. Imagen tomada de [www.sucden.com](http://www.sucden.com)

rora **García Leyva**, estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas, en el trabajo titulado *“Análisis de la eficiencia operacional y energética del proceso de producción de azúcar crudo en la UEB Central Azucarero Industrial Jesús Rabi”*.

Si se realizan **balances de masa y energía** se podrá dar respuesta a este problema. La industria azucarera ha trazado dentro de su programa energético la necesidad de hacer un uso más racional y eficiente de la energía para el logro del autoabastecimiento ener-

gético de todas sus dependencias [2].

Un central correctamente balanceado energéticamente se caracteriza por:

- El bagazo de la molida alcanza para el procesamiento industrial y se produce un sobrante para las paradas y arrancadas.
- Se genera toda la energía eléctrica necesaria para el consumo propio del central y un sobrante que puede entregarse a plantas de derivados y venderse al Sistema Energético Nacional.

- Se recupera el vapor condensado en un gran número de equipos tecnológicos, siendo suficiente para las calderas.
- No hay sobrantes de vapor a la atmósfera.

El control de la producción se realiza en los laboratorios de los ingenios mediante la contabilidad azucarera, dichos laboratorios deben realizar no solo la determinación analítica sino también el control de las materias primas, de los productos y materiales en proceso y la eficiencia del proceso productivo. Actualmente se emplean programas informáticos, en los cuales todos los cálculos se realizan solo introduciendo los datos necesarios del proceso, en el caso de los balances de masa [2].

A través de los balances de materiales el tecnólogo puede analizar los flujos de entrada y salida de cada etapa, así como las características de estos en cuanto a porcentaje de sólidos totales y porcentaje de cantidad de sacarosa entre otros, de esta manera es posible conocer las causas de deficiencias dentro de la fábrica, incluso compararla con otra.

Los **balances de masa y energía** contribuyen de manera eficiente a la determinación de las cantidades de materiales necesarios, a su influencia en el comportamiento productivo, a la comprensión integral del proceso, así como al máximo aprovechamiento de las materias primas y de la energía. En los centrales azucareros es un imperativo tener un control estricto de



“El control de la producción se realiza en los laboratorios de los ingenios.” Fotos cortesía de los autores

la composición de las materias primas y los productos en las diferentes áreas y emplear eficientemente el agua y la energía, entre otros aspectos. El proceso de fabricación de azúcar es sensible a las condiciones termodinámicas (temperatura, presión, entre otros parámetros), donde se corre el riesgo de inversión de sacarosa, de destrucción de cristales, del mal agotamiento de las mieles, entre otros problemas que pueden evitarse decisiones operacionales fundamentadas con balances de masa y energía.

### ¿Qué resultados se obtuvieron?

Al realizarse los balances de masa se obtuvo que el porcentaje de extracción de cantidad de sacarosa en los molinos es más bajo que el establecido (90 % a 95 %), lo que representa que se pierde gran cantidad de sacarosa en la molida, además existen pérdidas considerables

en el residuo leñoso debido a la inestabilidad de la temperatura y del flujo de agua inyectado en la salida del cuarto molino.

El rendimiento de azúcar en caña calculado se encuentra dentro del rango normado por el central de un 10 % al 12 % y según datos encontrados en la literatura [3, 4], el rendimiento debe ser mayor que un 10 % dependiendo de la materia prima, lo que indica que el central opera eficientemente.

La realización de los balances de energía también demostró que el vapor de escape producido por los equipos primarios es insuficiente para satisfacer la demanda de las necesidades tecnológicas. A pesar de esto se puede plantear que el central se encuentra balanceado energéticamente, puesto que según el análisis efectuado es necesario pasar un 16,15 % de vapor, el cual es menor del 25 %. Aunque sea pequeño este porcentaje, es necesario dismi-

nuir la cantidad de vapor que se pasa por la reductora pues esto implica desaprovechar vapor directo, cuando esta cantidad se puede utilizar en la generación de energía eléctrica. Para ello, los estudiantes concluyeron con dos propuestas de variantes en la configuración energética, auxiliados en la literatura.

**Esta investigación es otra muestra de las potencialidades de nuestras universidades en cuanto a resolver problemas determinantes de nuestra economía, y de cómo la química puede impactar los más disímiles renglones de la producción. Trabajos como este, concebidos en el seno de las aulas universitarias, no deben quedarse solo como ejercicios docentes, deben llegar a oídos de quienes tienen poder de decisión. Encuentro con la Química seguirá dando voz a los jóvenes químicos cubanos.**

### Referencias

1. Comercialización y seguridad alimentaria en relación al azúcar en América Latina y el Caribe (<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2016073294>)
2. Métodos de cálculos para el control azucarero (<https://isbn.cloud/9789597140115/metodos-de-calculos-para-el-control-azucarero/>)
3. Manual Ingeniero Azucarero (<https://www.scribd.com/doc/157225439/Libro-Manual-Ingeniero-Azucarero-E-HUGOT>)
4. Cane Sugar Engineering (<https://www.bartens.com/book/cane-sugar-engineering/>)



*\*Este texto es un extracto modificado del trabajo original titulado “Análisis de la eficiencia operacional y energética del proceso de producción de azúcar crudo en la UEB Central Azucarero Industrial Jesús Rabí” elaborado por estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad de Matanzas. Busca el trabajo completo en nuestra web o escanea aquí para leer directamente*



# Descubrimientos científicos que cambiaron la humanidad. Parte I. La máquina de vapor y la Primera Revolución Industrial

Por Dr.C. Gastón Fuentes Estévez\*, Lic. Francisco J. Sola Dueñas\* y Lic. Diego Díaz Rodríguez\*\*

\*Dpto. de Biomateriales Cerámicos y Metálicos. Centro de Biomateriales (BIOMAT), UH

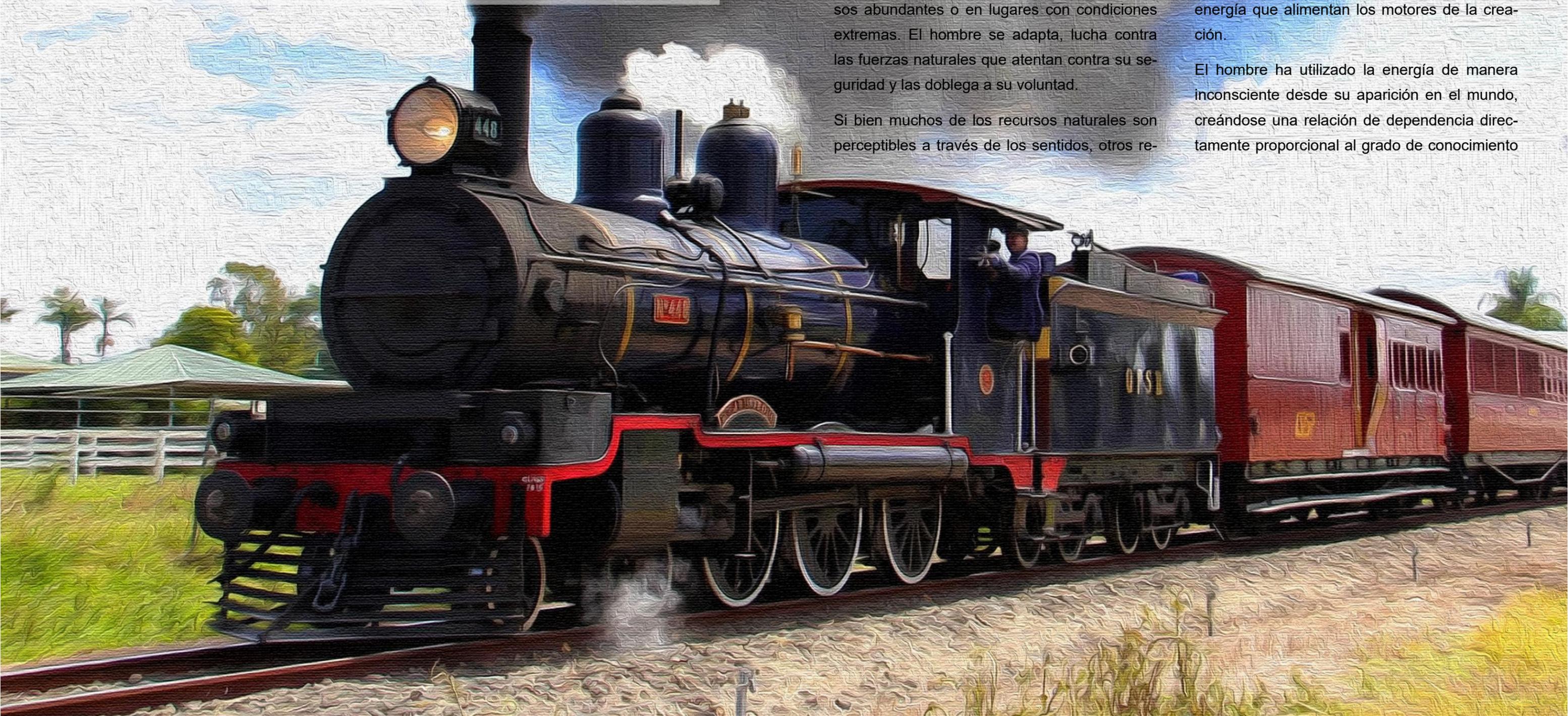
\*\*Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas UPH "Enrique J. Varona"

La relación hombre-naturaleza siempre ha sido objeto de análisis para los hombres dedicados al estudio y la reflexión crítica de la realidad. Partiendo de la frase "*La naturaleza provee*" se puede interpretar que los recursos para la supervivencia del hombre se encuentran en cualquier medio ambiente con una relativa facilidad de acceso; esto ha permitido la proliferación de la especie humana por todo el planeta, ya sea en regiones con recursos abundantes o en lugares con condiciones extremas. El hombre se adapta, lucha contra las fuerzas naturales que atentan contra su seguridad y las doblega a su voluntad.

Si bien muchos de los recursos naturales son perceptibles a través de los sentidos, otros re-

quirieron del desarrollo de las diferentes ciencias, tales como la matemática, la química, la física, entre otras, no solo para su correcto empleo, sino para su optimización, a fin de impulsar el desarrollo de la civilización. Entre estos recursos, tan antiguo como el propio universo, está la energía, en sus diferentes formas. En los disímiles mitos acerca del origen del universo pertenecientes a las culturas ancestrales, encontramos referencias a distintos tipos de energía que alimentan los motores de la creación.

El hombre ha utilizado la energía de manera inconsciente desde su aparición en el mundo, creándose una relación de dependencia directamente proporcional al grado de conocimiento



que se obtiene mediante el empleo y el estudio de las diferentes formas de la misma, llegando a descubrir cómo transformar un tipo de energía en otro, adaptándola a sus necesidades. Estos descubrimientos a menudo provocan un impacto tan grande en la sociedad que se vuelven indispensables, no solo para el desarrollo del hombre, sino para su propia existencia.

Uno de los ejemplos que demuestran la veracidad del planteamiento anterior es la aparición de una máquina capaz de aprovechar las propiedades del vapor de agua para la transformación de la energía térmica en energía mecánica, dando lugar al primer motor de combustión externa. La aplicación de la máquina de vapor automatizó gran parte de la producción y provocó un punto de inflexión en la historia de la humanidad, conocido como la Primera Revolución Industrial, el cual sentó las bases para el desarrollo tecnológico que continúa hasta nuestros días.

## La historia de la máquina de vapor

Cuando se piensa en la máquina de vapor inmediatamente nos viene a la mente el nombre de James Watt cuyo apellido nombra la unidad de potencia en el Sistema Internacional. Por eso nos centraremos en darle una pequeña cronología de lo más reconocido del tema.

La primera máquina de vapor fue conocida como *eolípila*, *aelópilo* o *aelópila* se atribuye a Herón de Alejandría quien vivió en el siglo I DC, un ingeniero y matemático helenístico considerado uno de los científicos e inventores más grandes de la antigüedad (Fig. 1a) [1].

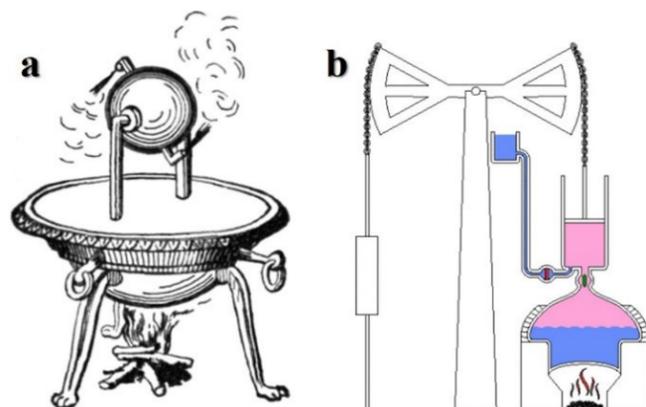


Fig. 1. Esquemas de las primeras máquinas de vapor. (a) Eolípica de Herón. (b) Máquina de Newcomen

La siguiente máquina de vapor cronológicamente trascendente fue la desarrollada por el genio español Jerónimo de Ayanz y Beaumont (Fig. 2, 1553–1613) [2]. A notar, la relevancia de este grande de la Madre Patria cuando el Fénix de los Ingenios, Lope de Vega (una de las voces cumbres del Siglo de Oro ibérico) le dedicara una de sus obras “Lo que pasa en una tarde” [3].

Sobre este tema de la minería que Ayanz desarrolló, pero en este caso del carbón, se desarrolló el tercer gran avance de la máquina de vapor cuando Thomas Savery (Fig. 2, 1650–1715) mejoró el proceso inventado por Ayanz.



Fig. 2. Retratos de Jerónimo de Ayanz y Beaumont (izq) y Thomas Savery (der)

Muy cercano en fechas, tanto que fueron socios en la investigación y en la empresa, se le hizo una mejora a la máquina de Savery por Thomas Newcomen (1663–1729), apoyado en el físico Robert Hooke (1635–1703) y el ingeniero metalúrgico John Calley (1663–1717). La máquina de Newcomen (Fig. 1b), también conocida como “motor de vapor atmosférico”, fue patentada en 1708 por su creador junto a Savery y Calley. Por esta es frecuentemente citado como el padre de la revolución industrial y como su primer innovador y empresario, aun cuando en nuestros días ese título le corresponda a James Watt [4].

La máquina de Newcomen y las mejoras introducidas por Smeaton constituyeron el primer gran paso de la denominada Revolución Industrial, período histórico caracterizado por un radical cambio en los procesos de producción, comunicación y transporte, pues el empleo del motor de vapor permitió reemplazar la energía muscular de hombres y animales en energía mecánica [5].

Tanto la máquina de Savery como la de Newcomen presentaban un problema, su funcionamiento se basaba en calentar y volver a enfriar sucesivamente un depósito. Esto provocaba roturas del mismo, aparte de suponer una pérdida energética que hacía que el rendimiento de la máquina fuera bajo [4,5].

Y ahí llegó el señor James Watt (Fig. 3, 1736–1819) a poner orden en esta batalla, que tuvo su caballero oscuro en Jonathan

Hornblower, ingeniero británico especializado en la energía de vapor y a quien, después de

expiradas las patentes de Watt en 1800, hubo de reconocérsele una eficiencia en las mejoras de las máquinas de vapor [6–9].

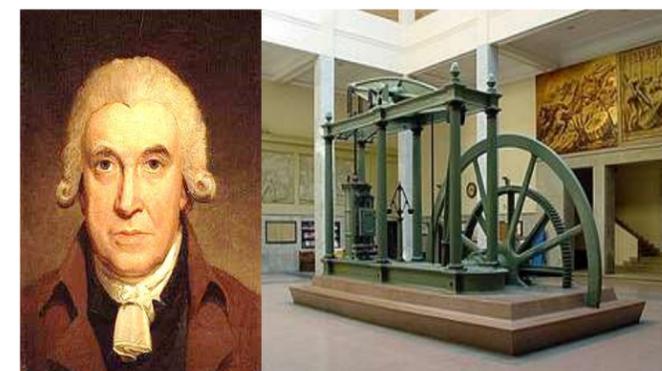


Fig. 3. James Watt y una maqueta de su máquina de vapor

Además de este mecanismo hoy en día empleado en los motores de doble pistón y en las suspensiones de automóviles como el Ford Ranger EV de 1998, Watt creó el caballo de fuerza (HP, anglosajón) o de vapor (CV, no anglosajón liderados por la comunidad franco-germánica) como unidad de potencia y que se define como la potencia necesaria para levantar un peso de 75 kgf a 1 metro de altura en 1 segundo. Su respectiva equivalencia con el Watt o vatio, unidad oficial de la potencia en el Sistema Internacional (en español), o entre ellos es [10]:

- 1 HP = 1.0138 CV = 745.7 W
- 1 CV = 0.9863 HP = 735.5 W

Pero finalmente lo que lanzó a James Watt a la inmortalidad fue algo tan sencillo como adicionar un condensador independiente, de modo que cada parte de la máquina de vapor se mantuviera a una temperatura determinada y evitar la pérdida por transferencia o pérdida de calor durante el proceso. Hoy sería como una

verdad de Perogrullo, pero en aquellos tiempos eso fue simplemente una genialidad.

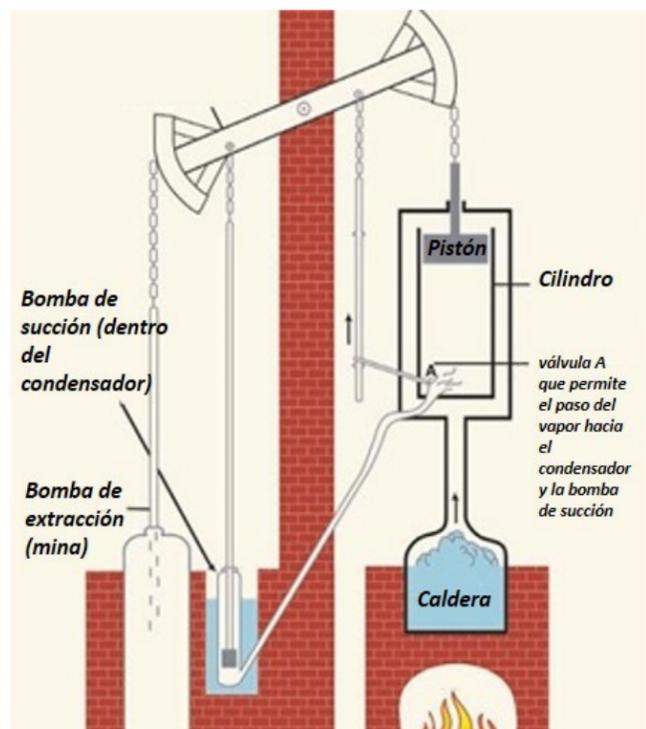
## La ciencia de la máquina de vapor

Como se expresó anteriormente, James Watt aparece muy tarde en la historia del desarrollo de la máquina de vapor para atribuirle casi todo el crédito de ser su “inventor”. Sin embargo, fue quizás quien más hizo por convertir a la máquina de vapor en una fuente eficiente y práctica de trabajo [11].

Con el propósito de exponer el mérito de James Watt, es necesario primero hacer una pequeña parada para establecer que es la máquina de vapor, en aras de una mejor comprensión del tema en cuestión. Como ejemplo de máquina térmica, la máquina de vapor, es un artefacto en donde se utiliza vapor de agua (absorción de calor de la máquina a una temperatura alta) como agente que presiona sobre un mecanismo (por ejemplo, un pistón) que aprovecha dicha acción para realizar trabajo mecánico, produciéndose pérdida de energía (disminución de la temperatura) en el vapor luego de la acción y consecuentemente condensándose este [12].

Mientras trabajaba en la reparación de la máquina, Watt observó que esta cuando entraba en operación la caldera no generaba suficiente vapor y se necesitaba más agua para condensar al vapor. Además, los materiales utilizados para fabricar los cilindros no retenían eficientemente el calor. A causa de esto, se derrochaba gran cantidad del calor en cada presión que el vapor ejercía sobre el pistón [13].

Luego de largas reflexiones acerca de los problemas del modelo que reparaba, un día durante una caminata, se le ocurrió una posible solución. Confeccionó un modelo a escala para comprobar si adicionando un condensador, una bomba de aire en el cilindro y un pistón deslizable, la máquina de Newcomen podía funcionar. (Fig. 4).



**Fig. 4.** Esquema de la máquina de vapor de James Watt. Nótese que el condensador y el cilindro están separados, permitiéndose el paso entre estos mediante una válvula A y un conducto. La bomba de succión remueve tanto el condensado del vapor, como toda la fase gaseosa dentro del cilindro y el conducto, provocando el reinicio del ciclo. En el caso del diagrama el trabajo mecánico se realiza para extraer agua de las minas.

Luego de semejante derroche de ingenio, Watt trabajó por un largo periodo de tiempo con el fin de aplicar estos principios de forma práctica. Gracias a esto y a las contribuciones realizadas por Joseph Black [11] y John Roebuck [13] (consejos técnicos, préstamos y pagos de deudas), J. Watt experimentó con varias confi-

guraciones y en 1769 obtuvo una patente para un método de disminución del consumo de vapor y combustible en máquinas de vapor [11,14].

Para los años en que se realizó dicha investigación (1763–1769) no se había postulado aun alguna teoría que explicara de manera satisfactoria el funcionamiento de estos artefactos. No fue hasta el año 1824, que el físico e ingeniero francés Sadi Carnot (1796–1832) en su trabajo *El Poder Móvil del Fuego*, trató de manera científica el funcionamiento y la eficiencia de las máquinas térmicas [12].

Si observamos con detenimiento la expresión obtenida por Carnot para la eficiencia de una máquina térmica

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

donde  $\eta$  es la eficiencia y,  $T_1$  y  $T_2$  las temperaturas del depósito de alta temperatura y baja temperatura respectivamente [15], se puede inferir que a mayor diferencia de temperatura entre los depósitos, mayor eficiencia presentaría la máquina. Si los depósitos térmicos no poseen contacto directo, entonces se aumentaría de esta forma la eficiencia. Precisamente esa fue la idea que primó en las mejoras realizadas por Watt a la máquina de Newcomen [16].

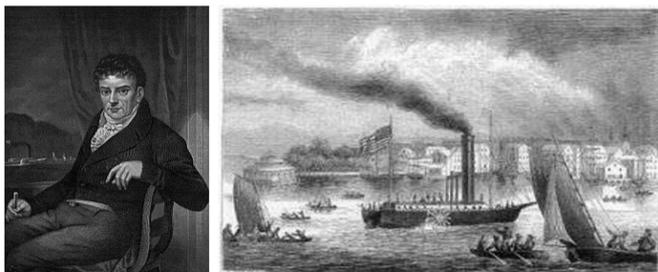
## La máquina de vapor y su impacto para la humanidad

La inserción y uso de la máquina de vapor, de manera regular, en la vida del hombre no solo representó un paso de avance en el desarrollo tecnológico, también inició la revolución de to-

do el sistema de producción, una reinterpretación de los componentes que integran la fuerza de trabajo, además de modificar la estructura social y las relaciones sociales de producción, cambio y consumo. Su aplicación se extendió de la ciudad al campo y fue ganando terreno en los diferentes sectores de la economía llegando a influir en el cambio de mentalidad de las personas. El empleo de la energía producida por el vapor desplazó a la decadente producción artesanal, incapaz de satisfacer las crecientes necesidades de la sociedad. Los mayores perfeccionamientos abarcaron la industria metalúrgica, la textil, la transportación y la energética.

La aplicación de la máquina de vapor a los medios de transporte provocó su perfeccionamiento continuo y creciente. A lo largo de todo el siglo XIX las locomotoras de vapor aumentaron su velocidad de 6 km/h en 1814 a 50 km/h a mediados del siglo XIX y las vías férreas llegaron a cubrir más de 200 000 kilómetros a finales del siglo. La eficiencia de los ferrocarriles para el transporte de personas y mercancías cobró tal importancia que las Metrópolis apresuraron su implementación para poder mantener la competencia económica con Inglaterra. Al respecto, Cuba representa un caso curioso ya que la corona prefirió invertir en la construcción de un ferrocarril en La Habana, cuando éste aún no existía en España. Fuimos así el primer país de Latinoamérica y el sexto del mundo en contar con uno de los poderosos “Caballos de Hierro” como eran conocidos por el pueblo, lo cual influyó grandemente en el desarrollo de la industria azucarera.

En el desarrollo del transporte marítimo fueron los norteamericanos quienes obtuvieron la ventaja cuando, en 1807, el inventor e ingeniero naval Robert Fulton (1765–1815, **Fig. 5**, izq) completó el primer barco de vapor comercial al adaptar la caldera de la máquina a la rueda con aspas del barco (**Fig. 5**, der) [17].



**Fig. 5.** Robert Fulton y su primer barco de vapor

La utilización masiva de las máquinas en el proceso de producción trajo consigo la necesidad imperiosa de contar con un suministro constante de piezas de repuesto y de recursos para realizar el mantenimiento periódico de la maquinaria a fin de mantener una producción constante y eficiente. Esto provocó que los adelantos e inventos se aplicaran en la metalurgia para acelerar la fundición de piezas y la construcción de nuevas máquinas.

Comenzaron a aplicarse nuevas tecnologías en las producciones ya existentes y la directiva de optimizar al máximo la producción marcó el camino a seguir por la burguesía. Los obreros, presionados cada vez más por las regulaciones laborales y por el incremento del Ejército Industrial de Reserva, se establecían en caseríos aledaños al complejo, llegando a modificar la propia geografía de la región. Las consecuencias demográficas fueron terribles: las oportunidades de trabajo en la ciudad incrementaron el

flujo del campesinado hacia la ciudad provocando el crecimiento de éstas de una forma nunca antes vista, llegando a superar el millón de habitantes en París y los dos millones en Londres, ya que la afluencia de campesinos era mayor hacia las ciudades industrializadas.

La máquina de vapor consolidó las relaciones de producción capitalistas y cambió las reglas de la economía. La superproducción, ligada a la necesidad desesperada de materias primas, provocó la eliminación de las restricciones que, hasta el momento entorpecían a la producción, tales como el monopolio comercial en el caso de Inglaterra. La burguesía ganó en influencia y estableció la política de libre cambio, la cual proporcionaba una mayor libertad de comercio y daba rienda suelta a la competencia entre productores. Esto provocó la subdivisión dentro de la propia burguesía. Los grandes productores industriales fueron desplazando cada vez más a los pequeños propietarios, artesanos y campesinos, quienes se veían forzados a convertirse en proletariados. La manufactura y la artesanía fueron cediendo cada vez más terreno al avance incontenible de la industria llegando a modificar la propia estructura de la población.

Para favorecer la optimización de la producción y por ende el incremento de las ganancias se tomaron medidas para promover el empleo de mujeres y niños en las fábricas, ya que el uso de las máquinas de vapor permitía la sustitución de los hombres en muchos de los roles del proceso de producción [18].

Las condiciones de trabajo de la época hoy en

día constituyen motivo de escándalo para el hombre contemporáneo. Jornadas de catorce a dieciocho horas, el empleo de los niños a partir de los seis años de edad y el uso del castigo físico para obligarlos a trabajar, se combinaban con otras medidas de extorsión económica como la rebaja salarial al introducir maquinaria más moderna, por sólo mencionar algunas.

Sin embargo, esta situación contribuyó en cierta medida a fomentar la independencia de la mujer y a la toma de conciencia de la explotación que sufría. Carlos Marx decía que la aplicación del trabajo de la mujer y el niño al proceso de producción, no solo aumentaba el material humano de explotación, sino también su grado de explotación, por lo que se puede decir que la energía del vapor no sólo impulsó a las máquinas de la industria, sino además a la mentalidad de las personas de la época, independientemente de la clase social a la que pertenecieran [19].

Es posible resumir la Primera Revolución Industrial a tres momentos importantes. Primero, la creación de máquinas de trabajo que comenzaron a introducirse en el proceso de producción, sustituyendo al trabajo humano. Tras esto la invención del motor a vapor permitió crear energía artificial de manera constante y estable, impulsando todos los sectores de la economía. Por último, la creación de máquinas para producir maquinarias garantizó la estabilidad y continuación del sector industrial durante un período de tiempo prolongado.

El impacto en la mente humana fue enorme, se formaron nuevos hábitos, costumbres, estilos

de vida y hasta posiciones políticas e ideológicas. Se evidenció una mayor preocupación por la educación de las nuevas generaciones y por la instrucción de la clase obrera en el dominio de las nuevas tecnologías. Fue la época que marcó el inicio de la competencia por la supremacía científico-técnica que traía como consecuencia el dominio económico de ahí que los esfuerzos de la humanidad se concentraran a la utilización, optimización y eficiencia de esta nueva forma de energía que movía a toda la sociedad.

## Conclusiones

Con este primer artículo de la serie pretendimos llevarlos de la mano a la historia de la máquina de vapor como invención, quienes la hicieron o mejoraron, qué parte como ciencia es fundamental en su funcionamiento y su impacto en la sociedad y la humanidad.

Obviamente nuestra opinión no es ni la única ni la más cierta. Es la visión conjunta de estos autores que como siempre quieren hacer llegar a nuestros lectores de manera amena y coloquial la vinculación de la ciencia con aspectos destacados del desarrollo o del día a día de la humanidad.

La ciencia nos ha traído hasta aquí, gracias a ella *Encuentro con la Química* es una revista que existe como alternativa, para conversar con ustedes sobre la importancia de la Química, y de las ciencias en general, para el desarrollo científico tecnológico. Espere más. Estaremos pronto con ustedes.

## Referencias

1. *Research Machines. The Hutchinson Dictionary of Scientific Biography*. Helicon Publishing; Abingdon, Oxon 2004, p. 546
2. García Tapia N. Some Designs of Jerónimo de Ayanz (1553–1613) relating to Mining, Metallurgy and Steam Pumps. *History of Technology* 1992; **14**:135–138.
3. Sandman A. Un inventor navarro: Jerónimo de Ayanz y Beaumont, 1553–1613. *Technology and Culture* 2003; **44** (2):379–381.
4. Rolt LTC, Allen JS. *The Steam Engine of Thomas Newcomen*. Landmark Publishing; Ashbourne Derbs 1998, p.
5. Kanefsky J, Robey J. Steam Engines in 18th-Century Britain: A Quantitative Assessment. *Technology and Culture* 1980; **21**:161–186.
6. Hills R. *James Watt: Triumph through Adversity, 1785–1819*. Landmark Publishing Ltd; 2006, p. 34–38
7. Artola M. *Textos fundamentales para la Historia*. 7ma edición. Alianza Universidad; Madrid 1982, p. 518
8. Bryant J, Sangwin CJ. *How round is your circle? Where Engineering and Mathematics Meet*. Princeton University Press; Princeton 2008, p. 58–59
9. Ferguson ES. Kinematics of Mechanisms from the Time of Watt. *United States National Museum Bulletin* 1962; **228**:185–230.
10. Kirby RS. *Engineering in History*. Dover Publications; 1990, p. 171
11. Hunt BJ. *Pursuing Power and Light. Technology and Physics from James Watt to Albert Einstein*. The John's Hopkins University Press; Baltimore 2010, p.
12. Knight J. *Real-Life Physics*. Gale Group; Farmington Hills 2001, p.
13. Kras SL. *Transforming Power of Technology. The Steam Engine*. Chelsea House Publisher; Philadelphia 2004, p.
14. Miller DP. Seeing the Chemical Steam through the Historical Fog: Watt's Steam Engine as Chemistry. *Annals of Science* 2008; **65**(1):47–72.
15. Erlichson H. Sadi Carnot, 'Founder of the Second Law of Thermodynamics'. *European Journal of Physics* 20 1999; **20**:183–192.
16. Saslow WM. A History of Thermodynamics: The Missing Manual *Entropy* 2020; **20**:77–124.
17. Colden DC. *The Life of Robert Fulton*. 1817, p.
18. Berg M. La era de las manufacturas (1700–1820). 2004.
19. Marx C. Prólogo a la Contribución a la crítica de la economía política. 1859.

## De la web...



### Desinfectantes contra el SARS-COV-2

Son productos que deben ser manejados con precaución y cuyos daños a la salud y al medio ambiente deben ser valorados



### La Química y su historia protagonizada por las mujeres. Parte 1: químicas del mundo

Aún hoy en día sigue siendo una realidad que las mujeres no se incorporan de forma igualitaria al estudio de la ciencia y la tecnología

# SOPA DE ELEMENTOS QUÍMICOS

CIRCONIO  
COBALTO  
COBRE  
CROMO  
ESCANDIO  
ESTRONCIO  
GALIO  
HIERRO  
MANGANESO  
RUBIDIO  
SELENIO  
TITANIO

J	U	I	A	V	X	O	I	N	E	L	E	S	B
D	Y	K	A	U	X	N	G	B	C	U	E	D	S
J	G	N	F	E	Z	C	C	E	D	D	R	Q	V
L	A	S	X	P	J	O	M	O	F	M	B	M	M
Q	Z	Z	Y	S	B	K	S	G	Y	C	O	U	E
Z	E	C	H	A	D	E	W	W	I	U	C	W	T
A	U	U	L	E	N	C	J	R	X	V	I	L	I
S	H	T	Y	A	R	G	C	W	T	W	F	E	T
A	O	J	G	O	U	O	R	R	E	I	H	X	A
E	W	N	M	R	N	O	I	D	I	B	U	R	N
L	A	O	W	I	P	Q	M	N	Q	K	P	M	I
M	S	W	O	O	I	C	N	O	R	T	S	E	O
V	P	B	X	B	U	F	O	I	L	A	G	M	F
T	O	I	D	N	A	C	S	E	H	J	K	X	R



[medium.com/encuentro-con-la-química](https://medium.com/encuentro-con-la-química)



@encuentroquimica



@EQuimica



encuentro.scq@gmail.com