CIENCIA Y CULTURA

elementos

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA • No. 101 • Vol. 23 • enero - marzo 2016 • $25.00

CONACYT
Incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Divulgación Científica y Tecnológica del CONACyT

00101
7 52435 06402 6
EXHIBIR HASTA EL 31-MARZO-2016

Textos de química en el México colonial. Parte 2 Marco Arturo Moreno y María Guadalupe López **Insensibilidad congénita al dolor** Francisco Pimienta y colaboradores **El cambio teórico en ciencia...** Luis Mauricio Rodríguez Salazar **Suicidio y modernidad...** Juan Carlos Canales Fernández **Cien años de la Teoría de la Relatividad...** Leopoldo Noyola **Desempleo juvenil y matrícula universitaria...** Eduardo Loría y Gustavo Segura **Los actinomicetos y su aplicación biotecnológica** Evangelina Esmeralda Quiñones-Aguilar y colaboradores

FIRE
PUSH IN
PULL DOWN
NOTIFIER
by Honeywell

BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
rector, José Alfonso Esparza Ortíz
secretario general, René Valdiviezo Sandoval
vicerrector de investigación y estudios de posgrado, Ygnacio Martínez Laguna

ELEMENTOS
www.elementos.buap.mx
revista trimestral de ciencia y cultura
número 101, volumen 23, enero-marzo de 2016
director, Enrique Soto Eguibar
subdirector, José Emilio Salceda
consejo editorial, Beatriz Eugenia Baca, María Emilia Beyer Ruiz, María de la Paz Elizalde, Enrique González Vergara, Jesús Mendoza Álvarez, Francisco Pellicer Graham, Leticia Quintero Cortés, José Emilio Salceda, Enrique Soto Eguibar, Gerardo Torres del Castillo
edición, José Emilio Salceda y Enrique Soto Eguibar
obra gráfica, Emilio Salceda
1ª y 4ª de forros, © Emilio Salceda, 2013
2ª de forros, © Emilio Salceda, 2013
diseño y edición gráfica, Mirna Guevara
corrección de estilo, Leopoldo Noyola e Ileana Gómez
redes sociales, Leopoldo Noyola Rocha
administración y logística, Lorena Rivera e Ileana Gómez
impresión, El Errante Editor, S.A. de C.V.
redacción, 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria
Apartado Postal 406, Puebla, Pue., C.P. 72570
email: esoto2424@yahoo.com
Revista registrada en Latindex (www.latindex.unam.mx), miembro de la Federación Iberoamericana de Revistas Culturales, afiliada a CiteFactor-Directory of International Research Journals y Directory of Open Access Journals
Certificados de licitud de título y contenido 8148 y 5770
ISSN 0187-9073

CONACYT ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

© **Emilio Salceda,** 2013.

SUMARIO

Textos de química en el México colonial 3
Parte 2
Marco Arturo **Moreno Corral** y María Guadalupe **López Molina**

Insensibilidad congénita al dolor: 13
sufriendo sin dolor
Francisco **Pimienta,** Francisco **Mercado** y Angélica **Almanza**

El cambio teórico en ciencia desde una epistemología de la imaginación 21
Luis Mauricio **Rodríguez Salazar**

Suicidio y modernidad 29
Una meditación
Juan Carlos **Canales Fernández**

Cien años de la Teoría de la Relatividad General 39
Entrevista al doctor Gerardo Torres del Castillo
Leopoldo **Noyola**

Desempleo juvenil y matrícula universitaria en México 47
¿Transición al desarrollo o esquizofrenia?
Eduardo **Loría** y Gustavo **Segura**

Los actinomicetos y su aplicación biotecnológica 59
Evangelina Esmeralda **Quiñones-Aguilar,** Zahaed **Evangelista-Mar,** y Gabriel **Rincón-Enríquez**

© **Emilio Salceda,** 2012.

www.elementos.buap.mx

Textos de química en México colonial

Parte 2*

Marco Arturo **Moreno Corral**
María Guadalupe **López Molina**

Prácticamente nada se ha encontrado respecto de la actividad química que realizaban los novohispanos durante las primeras décadas del siglo XVIII, sin embargo, debe señalarse que en la *Gaceta de México* de marzo de 1729[1] se avisaba de la llegada al país del libro *Compendium Philosophicum* (Valencia, 1721) escrito por Tosca,[2] que era uno de los iniciadores del movimiento novator en España, la corriente de pensamiento científica que precede a la Ilustración. Esa obra, que sin duda fue un texto de transición entre el escolasticismo y la nueva ciencia, se ocupó de las teorías de personajes como Descartes, Galileo, Gassendi, Grimaldi y Boyle, entre otros. La mencionamos aquí porque Tosca aceptó el atomismo de Gassendi y avanzó a una idea de elemento químico que se acercó a la de Boyle, afirmando que hay tantos elementos como especies diferentes de átomos. En efecto, la información hasta ahora disponible

* La primera parte de este artículo puede ser consultada en nuestra página de internet: www.elementos.buap.mx.

© **Emilio Salceda,** 2015.

muestra que durante la primera parte del XVIII, tal y como sucedió en los dos siglos precedentes, casi todo lo que se leyó o escribió en la Nueva España sobre la química estuvo relacionado con actividades mineras y metalúrgicas. En el inventario de una librería de la capital virreinal de 1750[3] vemos que, al terminar la primera parte de la décimo octava centuria, el establecimiento tenía a la venta la *Teórica y práctica de ensayar oro, plata y vellón rico* (Madrid, 1721), de José García y Caballero; el *Arte de los metales* (Madrid, 1690) de Álvaro Alonso Barba, pero también se vendían ahí los textos alquímicos *Árbol de las ciencias,* del ya citado Llull y *El Mayor Thesoro del Arte de la Alchimia* (Madrid, 1727) de George Starkey. Como obras realmente de química en ese inventario están registrados tres ejemplares: *Curso chimico* (Madrid, 1721) de Nicolás Lemery, así como dos ejemplares de la *Collectanea chimica curiosa* (Frankfort, 1693) de J. D. Tom.

Esta situación cambió durante la segunda mitad del siglo XVIII. Coincidiendo con el periodo de gran desarrollo cultural conocido como Ilustración Mexicana, hay claros ejemplos que muestran el interés por la química que tuvieron personajes notables en nuestro país. Sobre el particular debe resaltarse el hecho de que fue entonces cuando entraron nuevos libros, se hicieron experimentos químicos y comenzó a considerarse a la química como ciencia independiente.

El primer personaje del que nos ocuparemos es Benito Díaz de Gamarra, que en la década de 1770 se preocupó por modernizar la enseñanza de las disciplinas científicas en los niveles medio y medio superior de la Nueva España, logrando formar algunos alumnos que dieron muestra de ello.[4] Con tal motivo escribió un libro titulado *Elementa recentioris philosophia*,[5] en el que, entre otros temas, discutió la física newtoniana e ideas diversas sobre electricidad. Aunque en esa obra realmente no se ocupó de la química, sin duda estaba al tanto de sus principales avances, como muestran los títulos que formaban su biblioteca.[6] En ella hemos podido identificar textos como el *Cours de Chymie* (París, 1675) de Nicolás Lemery, obra que fue muy influyente en la primera parte del siglo XVIII.[7] También tenía la *Opera Omnia* (Venecia, 1765) del notable médico y químico Herman Boerhaave, obra que entre otros trabajos contenía sus *Elementa Chemiae*, originalmente publicados en Leiden en 1732, así como el *De Chemia suos errores expurgante* y el *De mercurio experimenta.*

Otro notable novohispano interesado en las ciencias fue Antonio de León y Gama, del que también se conoce el inventario de sus libros.[8] Entre las obras de química ahí registrados hemos identificado dos ejemplares de distinta edición del *Cours de Chymie* de Lemery, los *Collectanea Chymica* (París,1693) de Theodorus Muykens, el *Lumen novum Phosphoris accensum, sive Exercitatio physico-chymica: De causa lucis in Phosphoris* (Amsterdam, 1717) de Johann Heinrich Cohausen, los *Elementa Chemiae* de Boerhaave, así como dos ejemplares del *Dictionnaire de Chymie* (París, 1766 y 1777) del influyente químico francés Pierre Joseph Macquer y sus *Elemens de Chymie Theorique* (París, 1749) y los *Elemens de Chymie Pratique* (París, 1751) del propio Macquer. Igualmente, se encontraba entre los libros de León y Gama el *Chymie expérimental et raisonnée* (París, 1763) de Antoine Baumé.

Joaquín Velázquez de León fue un criollo novohispano ligado a familias de mineros que se interesó seriamente por la astronomía, la geografía, las matemáticas, la química, la cartografía, la minería y la metalurgia, así como por la enseñanza de esas ciencias. Humboldt[9] informó que a temprana edad cayeron en manos de aquel personaje las obras de Newton y Bacon que lo condujeron a una visión moderna de la ciencia y la filosofía.

En 1754 ingresó al Colegio Mayor de Todos Santos de la Ciudad de México,[10] donde realizó estudios superiores. Al mismo tiempo que los hacía, organizó en ese lugar, *motu proprio,* una Academia de Matemáticas a la que asistieron jóvenes novohispanos interesados en aprender la ciencia moderna que, en aquella época, no se enseñaba oficialmente en ninguna de las instituciones docentes coloniales. Uno de sus alumnos resaltó que mientras Velázquez estudiaba en Todos Santos, también se dedicaba a estudiar de forma autodidacta la química y la metalurgia, así como la física experimental.[11] En efecto, uno de sus biógrafos escribió que

> a más del estudio de la Jurisprudencia que era su principal profesión como Abogado de la Real Audiencia, se ocupaba, sin embarazarse, en los de la Química y Metalurgia, en el de Física experimental, Historia Natural y Ciencias Matemáticas.[30]

Convencido de la necesidad que el país tenía de contar con una escuela que enseñara las nuevas disciplinas científicas que requerían los mineros, dedicó tiempo y esfuerzo a promover la existencia de una institución de ese tipo. A través de las *Representaciones,* que elaboró desde 1774, fijó el tipo de estudios que se realizarían en la nueva escuela y, ante la carencia de profesionales preparados en el terreno de la explotación minera, escribió que

> *No hay más remedio que el de crearlos; y para ello es preciso erigir un Seminario Metálico, que podría formarse de un Director, hombre sabio en las Matemáticas y en la Física Experimental, Química y Metalurgia, y profundamente instruido en la Minería práctica de la Nueva España: de cuatro Maestros, el primero que enseñase en dos años, y en nuestro idioma español, la Aritmética, la Geometría y la Trigonometría y el Álgebra lo suficiente para su aplicación a las referidas. El segundo, en el mismo tiempo y lenguaje, deberá enseñar la Mecánica de maquinarias, la Hidrostática e Hidráulica, la Aerometría y la Pirotecnia en la parte aplicable a la minería. El tercero, un Curso Elemental de Química Teórica y Práctica y el cuarto la Mineralogía y Metalurgia.*[12]

Velázquez de León fue nombrado Director General del Tribunal y Seminario de Minería y comenzó a trabajar para hacer realidad su plan, pero desgraciadamente falleció en 1786; sin embargo, como se verá enseguida, esa institución se concretó y fue la primera donde se impartieron cursos modernos de química en toda la nación. Entre los muy diversos documentos que escribió ese destacado novohispano[13] debe mencionarse uno relacionado con la parte práctica del manejo de sustancias químicas: las *Ordenanzas para la buena dirección de la Real Fábrica y Estanco de la Pólvora*, que incluyó un *Reglamento para el mejor beneficio de los salitres y azufres*[14] que pone una vez más de manifiesto el reconocimiento que las autoridades virreinales le tenían como experto en estas materias.

Uno más entre los personajes relacionados con el desarrollo de la química en la Nueva España del último tercio del siglo XVIII, fue el médico José Ignacio Bartolache; gran promotor de la enseñanza de la ciencia moderna en la Real y Pontificia Universidad de México, cosa que lo llevó a conflictos con el claustro universitario.[15] Por sus conocimientos técnicos, llegó a ser Apartador General de la Casa de Moneda de México. Entre el gran número de libros que formaban su biblioteca,[16] hubo una cantidad apreciable de textos sobre metalurgia y disciplinas afines. Por razones de espacio nos concretamos a los libros de química que poseyó. Al igual que Díaz de

© **Emilio Salceda,** 2015.

Gamarra y León y Gama, tuvo dos ejemplares de ediciones diferentes de los *Elementa Chemiae* (París, 1724) de Boerhaave; la *Chymie expérimental et raisonnée* (París, 1774) de Baumé; los *Elemens de Chymie Theorique* (París, 1749) y los *Elemens de Chymie Pratique* (París, 1751) de Macquer; las *Dissertations chymiques* (París, 1759) de Johann Heinrich Pott; la *Chimie metallurgique* (París, 1758) de Christüer E. Gellert; las *Instituts de Chymie* (París, 1770) de Jaques-Reinbold Spielman; el *Essai sur différentes Especes d´Air* (París, 1779) de Joseph-Aignan Sigaud de la Fond; el *A New Method of Chemstry* (Londres, 1741), que fue una traducción al inglés de los *Elementa Chemiae* de Boerhaave, hecha por Peter Shaw; una edición del *Dictionnaire de Chymie de Macquer* (París, 1766); la *Bibliotheca Chemica contracta* (Ginebra, 1673) de Natham Albineus; el *Lexicon chimicum* (Londres, 1762-1763) de William Johnson; el *Tyrocynium Chymicum* (Wittemberg, 1634) de Jean Beguin y el *Conspectus Chemiae theorico-parcticae in forma Tabularum* (Halle, 1730-1738) de Johann Juncken. Debe resaltarse que en la biblioteca de Bartolache, también hallamos las siguientes revistas; *Memorias Químicas de Sajonia*; las *Memorias de Química de la Academia Real de Estocolmo* y los *Elementos de Química de la Academia de Dijon*, Francia. Hasta donde hemos podido investigar, estas fueron las primeras publicaciones periódicas en el área de la química que entraron a México.

Bartolache también publicó el *Mercurio Volante*,[17] periódico que creó para difundir los nuevos conocimientos científicos en la Nueva España. En el segundo número de esa obra periódica, refiriéndose a la química escribió que:

> *El gran instrumento de la física es la química, ciencia también de una vasta extensión, cultivada en este siglo, y parte del anterior, por muchos hombres sabios, que nos revelaron los misterios de los supersticiosos alquimistas y la han puesto en estado de contarse hoy entre las más útiles. Trátase en ella de descomponer o analizar los cuerpos naturales, de hacer varias combinaciones con sus resultas o productos, componiendo otras sustancias mixtas, verdaderas producciones del arte, por medio de instrumentos que ofrece la misma naturaleza como el fuego, aire, agua, etcétera, y otros artificiales, como vasos, hornos, etcétera.*[18]

© **Emilio Salceda,** 2014.

En un trabajo posterior que Bartolache publicó en 1774 en el que se ocupó de unas pastillas que elaboró a partir de hierro, titulado *Instrucción para el buen uso de las pastillas marciales, el hierro útil, medicamento comunicado al Público*, describió las bondades que tenían para la salud. Al margen de la posible utilidad que en medicina hayan tenido, su fabricación en la Nueva España marca el inicio, con fines comerciales, de la elaboración de medicamentos de origen mineral, lo que de alguna manera conecta a Bartolache con la escuela iatroquímica iniciada por Paracelso dos siglos antes.

Textos como los que hemos venido comentando, han sido hallados incluso formando parte de bibliotecas particulares del siglo XVIII de personas que en realidad no estuvieron conectadas con las ciencias exactas,[19] como Manuel Rivas Cacho, Mariana Eusebia de Castañeda y Pedro Ledesma. Los inventarios correspondientes fueron levantados entre 1784 para los dos primeros

y en 1785 para el tercero. Entre los cientos de libros que poseyeron en forma separada, había 23 textos que han sido catalogados como científicos, uno de los cuales debe mencionarse aquí por estar directamente relacionado con nuestro tema. Se trató de *El mayor Thesoro, tratado del arte de la alchimia* (Madrid, 1757) firmado por el alquimista Ayreneo Philaletha, que en realidad escondía bajo ese pseudónimo al médico estadounidense George Starkey. Un ejemplar de esta obra estuvo a la venta en una librería de la Ciudad de México en 1750. ¿Sería el mismo que aquí se consigna?

Otro gran difusor novohispano de las nuevas ideas científicas fue José Antonio Alzate y Ramírez,[20] quien, entre otros méritos, tuvo el de publicar los *Asuntos varios sobre ciencias y artes* (1772-1773) y las *Gacetas de Literatura de México* (1787-1795). En ellas escribió los artículos *Color verde para el oro o plata sobredorada*; *Experiencias ejecutadas por M. Achard, para descomponer la sal común y separar el alkali*; *Memoria acerca del ambar amarillo y de la goma laca*; *Sobre lo perjudicial de la nueva nomenclatura química*; *Observaciones del nitro de plata*; *El sistema de Lavoisier,* además de *Química* (sobre el salitre).

Como ejemplo de lo que en ellos decía, citaremos parte del primero:

> *Tómese una onza de cardenillo, una de salitre, una de vitriolo, media de sal amoníaco y medio de bórax; todo esto se mezcla, se muele muy bien y se pone a hervir en poco más de un cuartillo de orines hasta que éstas se reduzcan a la cantidad de medio cuartillo; después se frota o se unta con un pincel mojado en este ingrediente la pieza de oro o plata sobredorada; se pone dicha pieza sobre un fuego claro de carbón y cuando se observa que la alhaja o pieza ennegrece, se aparta del fuego y se echa en orines.*

Aunque este proceso usado para dar acabados especiales al oro y la plata tiene mucho de artesanal, ya muestra ciertos conocimientos de química y el uso de sustancias y procedimientos de laboratorio.

Alzate también produjo un extenso documento que tituló *Memoria en la que se trata del carbón mineral*, que quedó manuscrita hasta fecha reciente,[21] donde se ocupó de este compuesto. Ahí habló de la relación entre el cinabrio (azogue o mercurio) y las vetas de carbón mineral. Al discutir la utilidad que la extracción de esta roca sedimentaria tendría para la minería novohispana, mencionó la posibilidad (y necesidad) que se tenía de explotar minerales como el bismuto, el zinc, el estaño, el cobre y el plomo, abundantes en México, según dijo, pero que por la avaricia de los mineros, que solamente querían oro y plata, no eran tomados en cuenta. En esa memoria también hizo mención a lo que llamó aceite petróleo, obtenido de manera abundante en la periferia de la ciudad de México, en la Villa de Guadalupe. En honor a la verdad, sobre Alzate debe decirse que, a pesar de su clara actitud pro cambio de paradigmas científicos, como hombre de su tiempo no escapó a ideas anquilosadas, pues en el caso concreto de los nuevos sistemas de clasificación propuestos por Linneo y Lavoisier para la botánica y la química, respectivamente, los rechazó y criticó fuertemente.[22] Alzate se opuso a esos cambios, pues encontraba que no reflejaban el extenso cuerpo de conocimientos que los novohispanos ya tenían sobre plantas y minerales; aunque, como han mostrado diversos investigadores, *el quid* de la cuestión era el rechazo, incluso menosprecio, que los introductores de esas nuevas clasificaciones mostraron los conocimientos de la elite criolla de la Nueva España.

Para concluir, señalaremos cómo en un trabajo previo,[23] mostramos que José Dimas Rangel, un novohispano muy poco conocido, sabía bien el procedimiento experimental para la obtención de hidrógeno, lo que resulta notable, sobre todo si se toma en cuenta que fue autodidacta en el campo de las ciencias y, todavía más, si se considera que hacia 1789 realizó experimentos complejos sin contar con verdaderos laboratorios de química. En su *Discurso físico sobre la formación de las Auroras Boreales*,[24] publicado con motivo de la aurora boreal que se observó en gran parte de México el 14 de noviembre de 1789, dejó constancia de sus conocimientos químicos:

> *Es cosa bien sabida de los Físicos modernos, que entre las sustancias aeriformes conocidas, no hay otra de menos gravedad específica que el Gas inflamable.*[25] *Se da este nombre a una especie de aire muy sutil, que resulta en cantidad considerable de la mezcla del ácido*

vitriólico,[26] o del marino[27] con las limaduras del fierro, estaño, zinc, del espíritu de vino[28] rectificado, del éter vitriólico,[29] del espíritu de trementina[30] y de otros muchos simples y compuestos por varias operaciones químicas. Muchas sustancias animales destiladas a fuego libre, producen mucho de este aire y es sumamente inflamable. De la misma especie se desprende naturalmente de las entrañas de la tierra en distintos parajes de nuestro globo.

Podría pensarse que esta descripción la tomó literalmente de algún libro, sin embargo a continuación detalló la forma para obtenerlo;

Entre los distintos gases que se han reconocido, de los más ligeros es, el que resulta de la siguiente composición. Seis onzas de ácido vitriólico bien concentrado, mezclado con diciocho onzas de agua destilada, y cuatro onzas de limadura de fierro o acero, que no tenga moho, recogida con el imán y cernida por tamiz; pasados aquellos primeros efectos de efervecencia, se percibe un fuerte olor semejante al del ajo, entonces se aplica la vasija adecuada al aparato Pneumaticoquímico que describe Maquer[31] y se puede coger en sus recipientes un pie cúbico de París de este gas. Todavía es mucho más ligero el que se extrae en el mismo método de 6 onzas de limadura de zinc, 6 onzas de ácido marino muy concentrado y seis onzas de agua destilada.

Pero si hubiera dudas sobre si conocía el procedimiento de obtención del gas hidrógeno, en la última parte de su documento las despeja, ya que ahí describió incluso la forma de manipularlo.

Para confirmación de lo dicho, hágase un tubo de vidrio de dos tercios, o de media vara, purgado de aire lo más que se pueda, y cerrado herméticamente de modo que el poco aire que reste dentro casi esté tan raro como el gas. Si se toma con una mano este tubo por una de sus extremidades y por la otra se aplica al conductor de una máquina eléctrica, al punto se ve iluminarse el interior del tubo por toda su longitud; cuando se conoce que la luz se va debilitando, solo con frotar el tubo con la otra mano, o tomarlo con ella por la otra extremidad, se reanima la luz, centellando de tiempo en tiempo y dispara rayos de luz de un lado a otro, y en fin hace efectos semejantes a los de la aurora boreal; y suelen durar hasta veinticuatro horas, sin necesitarse de nueva electrificación.

El de este personaje no debió ser un caso aislado y lo que hay que hacer para encontrar otros novohispanos con conocimientos como los de él es hurgar en nuestros archivos coloniales, sobre todo los de fines del siglo XVIII, para documentar más situaciones como la descrita. Esta afirmación se fundamenta en que, en efecto, de lo poco que se ha investigado sobre el desarrollo de la ciencia colonial se han podido encontrar personajes que, de una forma u otra, en mayor o menor grado, se ocuparon de la química.

© **Emilio Salceda,** 2015.

LA QUÍMICA MODERNA LLEGA A NUESTRA NACIÓN

En 1792 abrió sus puertas en la ciudad de México el Real Seminario y Colegio de Minería, institución que por lo novedoso de su estructura académica, pero sobre todo por lo que ahí se enseñó, ha sido llamada adecuadamente primera casa de las ciencias en México.[32] En esa institución, pionera en su tipo en toda América, se inició la enseñanza oficial de la ciencia moderna. Ahí se impartieron regularmente cursos de Astronomía, Física, Matemáticas, Mineralogía y Química. En

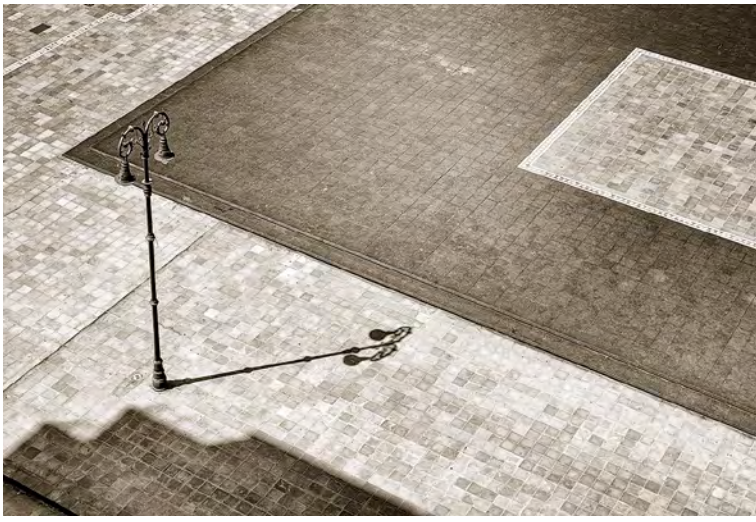
ella se instalaron también los primeros laboratorios, muy bien equipados, que se utilizaron en nuestro país tanto como apoyo a la labor docente, como para realizar investigación.[33] Sus profesores fueron traídos de Europa (España y Alemania) y fueron escogidos por su alta calidad académica. El director fue el español Fausto de Elhuyar, que junto con su hermano Juan José, descubrió en 1783 el wolframio.[34] Él fue quien, debido a la enfermedad de los catedráticos inicialmente designados para ese fin,[35] se encargó del primer curso de química impartido en ese colegio en 1797.

Es importante señalar la modernidad de aquel curso, que puede medirse porque los alumnos que lo tomaron tuvieron como texto el *Traité Élémentaire de Chimie* de Lavoisier, publicado por primera vez París en 1789, obra que se considera como el primer tratado moderno de química. Este texto fue traducido al español por Vicente Cervantes, fundador y primer encargado del Jardín Botánico de México,[36] especialmente para el uso de los alumnos del Colegio de Minería. Se publicó en la ciudad de México en 1797, solamente ocho años después de que el original salió de las prensas parisinas y un año antes de que apareciera la edición española hecha en Madrid, así que los alumnos de aquel centro educativo estudiaron las novedades que estaban surgiendo en química.

Desde un principio, aquellos estudiantes contaron con una rica biblioteca especializada donde, fundamentalmente, se hallaban los textos más modernos sobre ciencias exactas, la mayoría de ellos escritos en francés. Esa biblioteca todavía existe y se halla en el Palacio de Minería de la Ciudad de México. Al consultar sus catálogos hemos podido comprobar que muchos de los títulos que mencionamos, sobre todo en la sección correspondiente a la segunda parte del siglo XVIII, se encuentran ahí y fueron en efecto utilizados por nuestros primeros estudiantes modernos: los alumnos del Real Colegio de Minería.

COMENTARIOS FINALES

Algunos de los hechos aquí discutidos podrían dar la impresión equivocada de que al finalizar el periodo de la Ilustración la química moderna había arraigando en nuestra nación sin problemas. No fue así, pues las ideas y conceptos antiguos asimilados a la cultura científica



© **Emilio Salceda,** 2015.

novohispana chocaron con los que surgían de los cambios de paradigmas generados por los nuevos conocimientos, por lo que fue frecuente encontrar personajes y documentos ambivalentes sobre estos temas. Muestra clara de esa situación son la *Idea sucinta de metalurgia* de José Antonio Rivera Sánchez y el *Nuevo descubrimiento de máquina y beneficio de Metales por el Azogue* de José Gil Barragán, obras manuscritas producidas ambas en 1792, que como ha mostrado Trabulse[37] están fundamentadas en las ideas de los iatroquímicos y usaban un lenguaje químico obsoleto, que en diferentes aspectos remitía a la alquimia.

Para concluir, debemos mencionar un dilatado proceso de asimilación y uso de los conocimientos químicos en la Nueva España, que fue precisamente en el bien equipado laboratorio de química del Real Seminario y Colegio de Minería de la Ciudad de México, donde en 1801 el profesor Andrés Manuel del Río descubrió el elemento químico con número atómico 23, que llamó Eritronio,[38] renombrado posteriormente como Vanadio.[39] Este elemento se encontraba presente en las vetas de plomo de las minas de Zimapán (Estado de Hidalgo), que del Río analizó precisamente en aquel laboratorio, reportando su descubrimiento en la traducción que hizo del alemán al español de las *Tablas minerológicas* de Karsten, publicadas en la capital novohispana en 1804 para uso de los alumnos del Colegio de Minería.[40]

En ese texto y sobre aquellas muestras de plomo, del Río escribió una extensa nota que por su importancia reproducimos a continuación.

Habiendo destilado tres o cuatro veces media onza en polvo con ácido sulfúrico diluido y lavado el residuo cada vez, tuve una dilución verde, que saturada con exceso de amonia, me dio en pocos días costras compuestas de agujas en la superficie del líquido, o estrellitas compuestas de pirámides muy agudas en las paredes de la copilla. Estos cristalitos que eran blancos, lavados en muy poco agua, porque se disuelven en frío y secados al aire libre, tomaron el más bello rojo escarlata inmediatamente que tocaron una sola gota de ácido algo concentrado; cuando estaba más diluido, se ponían primero amarillos y luego rojos. Estos ácidos los disolvían sin descomponerlos. Lo mismo me sucedió con la potasa, la sosa, la cal, etcétera, excepto que los rombitos que dio la potasa solo se volvieron amarillos.

Saturado el exceso de amonia con ácido nítrico y concentrando un poco por evaporación, obtuve después prismitas de sabor algo punzante y metálico, de un bello rojo aurora, que parecían cuadrangulares, rectángulos apautados con cuatro caras puestas sobre las aristas.

Del Río realizó más pruebas y finalmente concluyó:

Pareciéndome nueva esta substancia, la llamé pancromio por la universalidad de colores de sus óxidos, disoluciones, sales y precipitados y después eritronio por formar con los álcalis y las tierras, sales que se ponían rojas al fuego y con los ácidos.

Una combinación de hechos fortuitos, que mucho tuvieron que ver con la percepción que entonces tenían los europeos de los mexicanos, hicieron que no le fuera reconocido su hallazgo y treinta años después, cuando el químico sueco Nils G. Sefström encontró ese mismo elemento, fue quien recibió todo el crédito y el derecho de ponerle nombre. A pesar de esa situación adversa, el descubrimiento de Andrés Manuel del Río del primer elemento químico identificado en el continente americano, muestra que al fin de la época colonial no solamente se enseñaba los fundamentos de la química moderna a una nueva generación de novohispanos, sino que incluso se hacía investigación de primera línea en los laboratorios del Colegio de Minería, donde sus egresados recibieron la mejor preparación química que podía obtenerse, pues entre los profesores de aquella institución había dos que descubrieron nuevos elementos químicos.

NOTAS

[1] Juan Ignacio María Castorena y Juan Francisco Sahún y Arévalo (1949). *Gacetas de México* (pp. 165-166). Secretaría de Educación Pública/Testimonios Mexicanos, volumen I, México.

[2] Tomás Vicente Tosca (1721). *Compendium Philosophicum*, Valencia.

[3] Olivia Moreno Gamboa (2006) *Las obras científicas del inventario de la librería de Luis Mariano de Ibarra (1750)* (pp. 169-196). EHN 37, julio-diciembre 2007.

[4] Marco Arturo Moreno Corral (2006). Un texto mexicano de física del siglo XVIII. *Revista Mexicana de Física* 1:104-110.

[5] Existe una antología de esta obra, que traducida al español, muestra parte importante de la ciencia que enseñó Díaz de Gamarra. Se trata de *Elementos de filosofía moderna*, compilada por Carmen Rovira Gaspar y Carolina Ponce, México, Universidad Nacional Autónoma de México/Universidad Autónoma del Estado de México (1998).

[6] Carlos Herrejón Peredo. Benito Díaz de Gamarra a través de su biblioteca. *Boletín del Instituto de Investigaciones Bibliográficas*, segunda época, 2:149-189).

[7] Entre 1675 y 1757 hubo 22 ediciones francesas. Además se tradujo al latín, al inglés, el alemán, al español y al italiano.

[8] Roberto Moreno de los Arcos (1989). La biblioteca de Antonio de León y Gama. En: *Ensayos de bibliografía mexicana México* (pp. 167-196). Universidad Nacional Autónoma de México.

[9] Alejandro de Humboldt (2002). *Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España* (pp. 81-82). Editorial Porrúa, S. A./Sepan cuantos Núm. 39, México

[10] Roberto Moreno (1977). *Joaquín Velázquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México 1773-1775* (p. 22). Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Históricas, México.

[11] *Idem*, p. 25.

[12] Santiago Ramírez (1982). *Datos para la historia del Colegio de Minería* (p. 25). Universidad Nacional Autónoma de México-Sociedad de Exalumnos de la Facultad de Ingenieríal, México.

[13] Roberto Moreno, *Op. cit.* (pp. 359-375).

[14] *Idem* (pp. 365 y 366).

[15] María de Lourdes Ibarra Herrerías (1976), *José Ignacio Bartolache. La Ilustración en la Nueva España*, Tesis para obtener el grado de Licenciado en Historia, Universidad Iberoamericana, apéndice documental.

[16] Ramón Sánchez Flores (1972-1976). José Ignacio Bartolache. El sabio humanista a través de sus bienes, sus libros e instrumentos de trabajo (pp. 187-216). *Boletín del Archivo General de la Nación* 2ª serie, tomo XIII.

[17] José Ignacio Bartolache (1979). *Mercurio volante*. Universidad Nacional Autónoma de México-Biblioteca del Estudiante Universitario/101, México.

© **Emilio Salceda,** 2015.

[18] *Op. cit*., no. 2º, Miércoles 28 de octubre de 1772.

[19] Polet Abigail Molledo Sabala (2013). *Bibliotecas particulares novohispanas: reconstrución y análisis de tres bibliotecas* (pp. 97-198). Licenciado en Bibliotecología, asesor: Mauricio Sánchez Menchero, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.

[20] José Antonio Alzate y Ramírez (1980). *Obras. I-Periódicos*. Universidad Nacional Autónoma de México-Nueva Biblioteca Mexicana/76, México. Ver la Introducción de Roberto Moreno.

[21] José Antonio Alzate y Ramírez (1988). *Descubrimientos de carbón mineral y petróleo en México*. Cuadernos Quipu. Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, México.

[22] Patricia Aceves Pastrana (1987). La difusión de la ciencia en la Nueva España del siglo XVIII, la polémica en torno a la nomenclatura de Linneo y Lavoisier. *Quipu* 4(3):357-385, septiembre-diciembre.

[23] Marco Arturo Moreno Corral y María Guadalupe López Molina (2008). Experimental Chemistry in Mexico at the end of the XVIII century. Comments on the *Discurso físico sobre la formación de las Auroras Boreales*, by José F. Dimas Rangel, 1789. *Boletín de la Sociedad Química de México* 2(2):63-66.

[24] Joseph Francisco Dimas Rangel (1789). *Discurso Físico sobre la formación de las Auroras Boreales*, México, Oficina de los Herederos del Lic. D. Joseph de Jauregui.

[25] Nombre con el que se conoció el hidrógeno, hasta antes que Lavoisier introdujera la nueva nomenclatura.

[26] Ácido sulfúrico.

[27] Ácido clorhídrico

[28] Alcohol etílico.

[29] Éter etílico.

[30] Aguarrás.

[31] Se trataba del químico francés Pierre J. Maquier.

[32] José Joaquín Izquierdo Raudón (1958). *La primera casa de las ciencias en México: el Real Seminario de Minería, 1792-1811*. Ediciones Ciencias, México.

[33] Marco Arturo Moreno Corral, *et al*., (2004). El primer laboratorio de física en el México colonial. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* 18(1):27-33.

[34] Tungsteno: elemento atómico número 74.

[35] Ver nota 1 de este trabajo.

[36] Patricia Aceves Pastrana (1990). *Estudio preliminar al Tratado Elemental de Chimica*. Edición facsimilar. Universidad Autónoma Metropolitana, México.

[37] Elías Trabulse (1991). Aspectos de la tecnología minera en Nueva España a finales del siglo XVIII. *Historia de la ciencia y la tecnología* (pp. 218-264). El Colegio de México/Lecturas de Historia Mexicana I, México.

[38] Manuel Sandoval Vallarta y Arturo Arnáiz y Freg (1947). El nombre del elemento 23. *Nature*, tomo 160:163.

[39] Manuel Sandoval Vallarta (1978). El descubrimiento del Vanadio, *Manuel Sandoval Vallarta. Obra Científica*. Recopilación, preámbulo e introducción Alfonso Mondragón y Dorotea Barnés (pp. 558-560). Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto Nacional de Energía Nuclear, México.

[40] Dietrich Luwding Gustav Karsten (1804). *Tablas mineralógicas según los descubrimientos más recientes*. Traducidas al español por D. Manuel Andrés del Río (pp. 61-62.) Mariano Joseph Zúñiga y Ontiveros, México.

Marco Arturo Moreno Corral
Instituto de Astronomía
Universidad Nacional Autónoma de México

María Guadalupe López Molina
Departamento de Ciencias e Ingenierías
Universidad Iberoamericana Puebla

© **Emilio Salceda,** 2014.

www.elementos.buap.mx

Insensibilidad **congénita** al dolor: sufriendo sin dolor

Francisco **Pimienta**
Francisco **Mercado**
Angélica **Almanza**

La habilidad de un organismo para detectar y responder efectivamente a estímulos nocivos es un rasgo vital que a lo largo de la evolución se encuentra altamente conservado en casi todo el reino animal. El proceso neuronal a través del cual los organismos codifican el estímulo nocivo es denominado nocicepción, y se encuentra mediado por la activación de terminales aferentes sensoriales llamadas nociceptores. La activación de los nociceptores no necesariamente implica dolor, ya que en este se considera además un componente cognitivo y emocional que involucra la activación de estructuras encefálicas superiores como la corteza de la ínsula y anterior del cíngulo. El dolor forma parte de un sistema protector que activa y alerta a los organismos de situaciones de riesgo que pueden comprometer su integridad física.

En los mamíferos, el sistema nociceptivo es activado por estímulos de alto umbral (intensos) de tipo mecánico, térmico o químico, pero no por estímulos inocuos como tacto ligero o temperaturas templadas. Los nociceptores transducen los estímulos nocivos en señales eléctricas que se propagan hacia el sistema nervioso central (SNC).

Los somas neuronales de los nociceptores que inervan el cuerpo y la cabeza se localizan respectivamente en los ganglios de la raíz dorsal (GRD) y del trigémino, y se clasifican en dos grupos: nociceptores mielinizados Aδ con diámetro somático mediano y nociceptores oligomielínicos C con diámetro somático pequeño (Kuner, 2010). En términos generales, los nociceptores Aδ responden a estímulos mecánicos y térmicos, mientras que los nociceptores C (también llamados polimodales) son activados por estímulos térmicos, mecánicos y químicos, así como por las sustancias liberadas por daño tisular. La expresión de repertorios particulares de moléculas transductoras a nivel de la membrana celular origina la heterogeneidad funcional de los nociceptores, posibilitando la detección de una o más modalidades del estímulo.

La activación anormal de la vía nociceptiva debido a la prolongación de la sensación desagradable más allá de la resolución de un proceso de tipo inflamatorio o con daño nervioso, produce las entidades patológicas conocidas como hiperalgesia y alodinia. En tales casos, el dolor se vuelve debilitante, y pierde la función protectora y promotora de la restauración del tejido dañado, dando lugar a una importante disminución en la calidad de vida de los individuos, tal es el caso de los pacientes con artritis, neuralgia postherpética, cáncer o neuralgia asociada al VIH. El tratamiento analgésico para este tipo de pacientes es un campo de investigación muy activo en la actualidad.

¿Qué sucedería si no percibiéramos dolor alguno? Aunque suena atractivo, lo cierto es que la pérdida de nuestra capacidad biológica para responder a situaciones que ponen en riesgo nuestra integridad física nos situaría en un escenario altamente peligroso que podría causarnos la muerte. La ventaja de poder sentir dolor se ve dramáticamente ejemplificada en aquellos pacientes que son incapaces de percibir sensaciones desagradables debido a alteraciones congénitas que afectan a alguno de los componentes de la vía nociceptiva. Individuos con insensibilidad congénita al dolor (CIP, por sus siglas en inglés) presentan desde temprana edad automutilaciones, quemaduras y episodios repetidos de fracturas; comúnmente mueren a temprana edad debido a la incapacidad para medir riesgos, así como para detectar lesiones y enfermedades.

CIP POR PÉRDIDA DE LA FUNCIÓN DE $NA_V1.7$

La completa imposibilidad para sentir dolor es un fenotipo muy raro. El primer caso registrado de un paciente con imposibilidad para percibir el dolor data de 1932 (Dearborn, 1932). El caso fue descrito como “analgesia general pura congénita”, el paciente (originario de Praga) se ganaba la vida en el teatro realizando un acto como alfiletero humano; no sentía dolor cuando alfileres, agujas o instrumentos punzantes eran introducidos en su cuerpo. Dearborn ya sugiere que es debido a un defecto estructural en el mecanismo del dolor presente desde el nacimiento. Sin embargo, fue hasta el año 2006 que se reportó una causa para el fenotipo de CIP. El caso pionero fue el de un niño de diez años de edad que realizaba “teatro de la calle” en el norte de Pakistán, insertaba cuchillos en sus brazos y caminaba sobre brasas ardientes sin sentir dolor. El niño murió antes de los catorce años de edad al saltar desde un tejado. A partir de este caso, se estudiaron tres familias diferentes con consanguinidad dentro de cada una de ellas, pertenecientes a la misma región de Pakistán; seis individuos de estas familias presentaban historias similares de ausencia de dolor y todos ellos mostraban lesiones en labios y lengua, quemaduras, cortaduras, fracturas u osteomielitis. Aun cuando presentaban el fenotipo de imposibilidad para percibir el dolor en cualquier forma, la percepción de estímulos de otras modalidades sensoriales no estaba afectada (tacto, calor, frío, propiocepción, cosquillas, presión) y no presentaban signos de retraso mental (Cox y cols., 2006). La causa, un rasgo autosómico recesivo en el cromosoma 2q24.3. Esta región contiene al gen SCN9A que codifica para la subunidad alfa del canal de sodio activado por voltaje (Na_V) 1.7 que es altamente expresado en los nociceptores.

© **Emilio Salceda,** 2015.

Los $Na_V1.7$ son responsables de la iniciación del potencial de acción en estas neuronas y por tanto piezas clave en la transmisión de la información nociceptiva hacia el SNC. El análisis de secuencia del gen reveló la presencia de una mutación sin sentido (*nonsense*) distinta en cada una de las tres familias. La sustitución de una base por otra genera un codón de paro prematuro, lo cual se traduce en la generación de una proteína terminada anticipadamente (trunca), generando pérdida de la función de los $Na_V1.7$. En ninguno de los pacientes hubo evidencia de neuropatía sensorial o motora, ni disfunción del sistema nervioso autónomo (SNA). Por otro lado, mutaciones de sentido erróneo (*missense*) y de desplazamiento del marco de lectura (*frame-shift*) localizadas en el gen SCN9A han sido también descritas como causantes del fenotipo de CIP, estas mutaciones generan un mal plegamiento de la proteína y retención de la misma en el retículo endoplasmático, causando una baja o ausente expresión del canal de sodio en la membrana celular del nociceptor (Cox y cols., 2010). Interesantemente, pacientes con CIP debido a la pérdida de la función de $Na_V1.7$ presentan también anosmia o hiposmia, lo cual indica que los $Na_V1.7$ no solo son necesarios para la sensación del dolor, sino también son esenciales para la percepción olfatoria (Goldberg y cols., 2007; Weiss y cols., 2011). Los $Na_V1.7$ son expresados también por las neuronas de los ganglios simpáticos, el hecho de que pacientes con CIP por pérdida de la función de $Na_V1.7$ no presenten disfunciones asociadas al SNA sugiere que otros canales pueden compensar la pérdida de los $Na_V1.7$ en estas neuronas; por el contrario, en los ganglios de la raíz dorsal, la disrupción de un solo gen lleva a la pérdida completa de la entrada nociceptiva indicando un rol primario de los $Na_V1.7$ en la nocicepción (Goldberg y cols., 2007).

CIP EN NEUROPATÍAS SENSITIVAS Y AUTOSÓMICAS HEREDITARIAS

La insensibilidad congénita al dolor es característica en algunas neuropatías sensitivas y autosómicas hereditarias (HSANs pos sus siglas en inglés). Las HSANs son un grupo de desórdenes genéticos clínicamente heterogéneos que se caracterizan por disfunción autonómica y sensorial en diferentes grados; la pérdida de sensación al dolor y también a la temperatura es el síntoma más común y en algunos casos se acompañan con disfunción motora. Típicamente, HSAN IV y V cursan con insensibilidad congénita al dolor y sensibilidad térmica reducida. HSAN IV es llamada también CIP con anhidrosis (CIPA); es un desorden autosómico recesivo, asociado a consanguinidad, y se caracteriza por presentar desde el nacimiento ausencia de dolor, respuesta disminuida a la sensación térmica, ausencia de transpiración (anhidrosis) asociada a episodios febriles, retardo mental en grado variable, auto-mutilación (labios, lengua, dedos), fracturas y osteomielitis. Alrededor del 20% de los pacientes mueren dentro de

© **Emilio Salceda,** 2013.

los tres primeros años de vida debido a fiebres severas (Rosemberg y cols., 1994). Biopsias de nervio sural y piel muestran ausencia de fibras de diámetro pequeño oligomielínicas, pérdida completa de fibras nerviosas epidérmicas (terminales libres) y ausencia de inervación de las glándulas sudoríparas (Nolano y cols., 2000). Las características de HSAN V son similares a las de HSAN IV; en biopsias de nervio sural también se observa ausencia de fibras oligomielínicas C, pero los pacientes con HSAN V no presentan rasgos de retardo mental ni disfunción del sistema nervioso simpático (Capsoni, 2014). Las bases genéticas para ambas neuropatías han sido dilucidadas. HSAN IV es causada por diferentes mutaciones en el gen NTRK1 (localizado en el cromosoma 1q23) que codifica para el receptor Trk-A al factor de crecimiento nervioso (NGF, por sus siglas en inglés); en términos generales, las mutaciones en NTRK1 generan pérdida de la función del receptor. Por otro lado, HSAN V es causada por mutaciones en el gen NGFB que codifica para el NGF mismo, localizado en el cromosoma 1p13, y aunque no está claro cómo las mutaciones afectan las funciones del NGF, parece que al menos en parte se ve disminuida la secreción celular del mismo y con ello una disminución en su disponibilidad para unirse a su receptor (Rotthier y cols., 2012). El NGF es una neurotrofina que tiene un inminente rol tanto en el desarrollo como en el mantenimiento fenotípico de neuronas del ganglio de la raíz dorsal (nociceptores Aδ y C) y del sistema simpático, así como en la supervivencia y sustentación de las funciones (tales como atención, memoria, conciencia, motivación, vigilia) de las neuronas colinérgicas del prosencéfalo basal (Aloe y cols., 2012). Una vez que el NGF se une a su receptor Trk-A este se autofosforila desencadenando cascadas de señalización intracelular que llevan al crecimiento y supervivencia neuronal.

Otra HSAN que cursa con insensibilidad congénita al dolor es la HSAN IID (Bennett y Woods, 2014). Nielsen y cols., (2009) describieron a una mujer noruega con CIP, anosmia, mayor umbral para la percepción de temperaturas cálidas y disminución en la densidad de las fibras aferentes de pequeño diámetro. Mientras

© **Emilio Salceda,** 2013.

que Yuan y cols., (2013) describen dos pacientes japoneses con pérdida de la sensación al dolor y temperaturas cálidas, en uno de ellos presente de forma congénita y en el segundo durante la adolescencia. Los pacientes presentaron hiposmia, pérdida de la audición y disfunciones del sistema nervioso autónomo. En uno de los pacientes, los estudios histológicos mostraron pérdida de las grandes fibras mielínicas. El fenotipo en los tres pacientes fue causado por la misma mutación sin sentido en el gen SCN9A que lleva a la pérdida de la función del canal $Na_V1.7$. Hasta el momento, no está claro por qué determinadas mutaciones sin sentido en SCN9A pueden causar diferentes fenotipos.

Interesantemente, mutaciones que llevan a una ganancia en la función de $Na_V1.7$ (favoreciendo la activación del canal e incrementando la excitabilidad del nociceptor) generan síndromes con dolor exacerbado como la eritromelalgia o el trastorno del dolor extremo paroxístico; sin embargo, una mutación en el gen SCN11A que codifica para el canal de sodio $Na_V1.9$ (expresado en los nociceptores) y que genera ganancia en la función del canal, fue encontrada en tres niños sin parentesco y de nacionalidades diferentes que comparten el mismo fenotipo de CIP (Leipold y cols., 2013; Bennett y Woods, 2014). Los tres pacientes tienen la misma mutación homocigota que lleva al cambio de un solo aminoácido (Leu811Pro) en una posición de la proteína altamente conservada en todas las isoformas del canal en los mamíferos. Este fenotipo fue clasificado como HSAN VII (Haga y cols., 2015). Los individuos tienen una historia clínica con automutilaciones, fracturas múltiples, debilidad muscular, retraso en el desarrollo motor y todos presentan disfunción gastrointestinal, sudoración excesiva (hiperhidrosis) e inteligencia normal. Los autores proponen que la mutación encontrada que incrementa la actividad basal del $Na_V1.9$ lleva a un incremento en el influjo del sodio despolarizando al nociceptor, manteniendo en un estado de inactivación a otros canales como los $Na_V1.7$, 1.8, y canales de calcio, generando un fallo en la transmisión del impulso nervioso.

© **Emilio Salceda,** 2013.

CIP POR MUTACIONES EN EL FACTOR DE TRANSCRIPCIÓN PRDM12

Las proteínas PRDM se localizan en el núcleo celular, donde a través de la formación de complejos de remodelación de la cromatina regulan la expresión de genes, participando en la transducción de diversas señales que son responsables de la proliferación y control de la diferenciación celular. Particularmente, Prdm12 es un regulador transcripcional que participa en el control de la neurogénesis en vertebrados (Hohenauer y Moore, 2012).

Recientemente, fueron descritas diez diferentes mutaciones homocigotas en el gen PRDM12 en individuos diagnosticados con CIP provenientes de 11 familias (Chen y cols., 2015). La mayoría de las mutaciones son de sentido erróneo y el fenotipo fue consistente en los individuos afectados: incapacidad de sentir dolor agudo o inflamatorio desde el nacimiento y para percibir calor o frio nocivo, sin alteraciones en el tacto fino, el sentido del gusto y auditivo, presentando las automutilaciones características de individuos con CIP. Los pacientes presentaron una disminución en la inervación autonómica a glándulas sudoríparas y en biopsias de nervio sural una severa pérdida de las fibras Aδ sin cambio aparente en las fibras mielínicas gruesas. Experimentos en ratones indican que la expresión de Prdm12 inicia alrededor del día 9 embrionario en el pliegue neural que da origen a las células de la cresta neural (estructura formada por células indiferenciadas y pluripotentes con capacidad migratoria altamente regulada que se desarrolla hacia diversos tejidos incluyendo a los GRD). Durante el tiempo en el cual las neuronas sensoriales emergen, maduran y se diferencian, PRDM12 fue predominantemente expresado en el ganglio espinal sensorial y no en el simpático. Además, neuronas tipo nociceptor derivadas de células madre embrionarias humanas, mostraron una fuerte expresión de PRDM12 durante su diferenciación. Las mutaciones en PRDM12 causan defectos en el desarrollo de las neuronas sensoriales que están programadas para ser nociceptores, emergiendo el PRDM12 como un

factor esencial durante la neurogénesis de las neuronas nociceptivas.

IMITAR EL FENOTIPO CIP PARA ALIVIAR EL DOLOR

Que mutaciones con ganancia de función de $Na_V1.7$ generen síndromes de dolor exacerbado mientras que mutaciones con pérdida de la función de la misma proteína generen ausencia de dolor ha puesto en la mira terapéutica a $Na_V1.7$ como un nuevo e importante blanco para el desarrollo de analgésicos; así que, para imitar el fenotipo CIP y producir analgesia se requiere de un antagonista del canal, lo cual es alentador ya que el desarrollo de una terapia antagonista es significativamente menos difícil en comparación con el desarrollo de una agonista (por ejemplo, para $Na_V1.9$) (Goldberg y cols., 2012). Lo que es muy relevante es que los efectos colaterales de los fármacos desarrollados a partir de desórdenes genéticos pueden ser predecibles, por ejemplo, anosmia con el uso de antagonistas de $Na_V1.7$. TV-45050 (XEN402) y GDC-0276 son moléculas de bajo peso molecular inhibidoras de $Na_V1.7$ y otros Na_V expresados en los nociceptores. Actualmente, la presentación tópica de TV-45050 se encuentra en fase clínica IIb en pacientes con neuralgia postherpética, mientras que la presentación oral de GDC-0276 se encuentra en fase clínica I, ambos fármacos con amplias expectativas para el tratamiento de dolor crónico (inflamatorio y neuropático) (http://www.xenon-pharma.com/product-candidates/pain/) aunque no está claro el grado de participación de $Na_V1.7$ en la transmisión de la información dolorosa en condiciones patológicas con procesos de dolor exacerbado.

Dos blancos más en el desarrollo de nuevos fármacos analgésicos son el receptor Trk-A y el NGF. GBR 900 es un anticuerpo monoclonal anti-TrkA que indujo analgesia en modelos de dolor inflamatorio y neuropático, y actualmente se encuentra en la fase clínica I con expectativas para el tratamiento de dolor crónico. Otro agente farmacológico desarrollado es el Tanezumab (RN624), que es un anticuerpo monoclonal anti-NGF que mostró antihiperalgesia en un modelo de artritis crónica y en estudios clínicos de fase I disminuyó el dolor y mejoró la función por periodos largos de tiempo en pacientes con osteoartritis de rodilla, sin embargo, en estudios clínicos de fase III, la incidencia de efectos adversos fue mayor en los pacientes que recibieron Tanezumab y un subgrupo de pacientes desarrolló osteonecrosis que llevó al reemplazamiento de la articulación, y aunque inicialmente la United States Food and Drug Administration (FDA) suspendió los estudios, recientemente, la medida fue revertida y los estudios clínicos han sido retomados (McKelvey y cols., 2013).

CONCLUSIONES

Los casos extremos de ausencia de dolor evidencian la importancia del sistema nociceptivo y la razón por la que se encuentra tan altamente conservado a lo largo de la evolución; su ausencia deja a los individuos en un estado de completa vulnerabilidad. Cualquiera que sea el origen de la CIP, no existe un tratamiento para el padecimiento, por lo que un diagnóstico temprano favorece la prevención de algunas de las complicaciones. Finalmente, entender los mecanismos causantes de fenotipos extremos donde el dolor está ausente o incrementado, no solo permite mejorar el diagnóstico de los pacientes, sino que puede revelar blancos potenciales para el desarrollo de nuevos analgésicos.

REFERENCIAS

Aloe L, Rocco ML, Bianchi P, Manni L (2012). Nerve growth factor: from the early discoveries to the potential clinical use. *J Transl Med* 10:239.

Bennett DL, Woods CG (2014). Painful and painless channelopathies. *Lancet Neurol* 13:587-599.

Capsoni S (2014). From genes to pain: nerve growth factor and hereditary sensory and autonomic neuropathy type V. *Eur J Neurosci* 39:392-400.

Chen YC, Auer-Grumbach M, Matsukawa S, Zitzelsberger M, Themistocleous AC, Strom TM, and cols., (2015). Transcriptional regulator PRDM12 is essential for human pain perception. *Nat Genet* 47:803-808.

Cox JJ, Reimann F, Nicholas AK, Thornton G, Roberts E, Springell K, y cols., (2006). An SCN9A channelopathy causes congenital inability to experience pain. *Nature* 444:894-898.

Cox JJ, Sheynin J, Shorer Z, Reimann F, Nicholas AK, Zubovic L, y cols., (2010). Congenital insensitivity to pain: novel SCN9A missense and in-frame deletion mutations. *Hum Mutat* 31:E1670-1686.

Dearborn G (1932). A case of congenital general pure analgesia. *J Nerv Ment Dis* 75:612-615.

Goldberg YP, MacFarlane J, MacDonald ML, Thompson J, Dube MP, Mattice M, and cols., (2007) Loss-of-function mutations in the $Na_V1.7$ gene underlie congenital indifference to pain in multiple human populations. *Clin Genet* 71:311-319.

© **Emilio Salceda,** 2009.

Goldberg YP, Pimstone SN, Namdari R, Price N, Cohen C, Sherrington RP, and cols., (2012). Human Mendelian pain disorders: a key to discovery and validation of novel analgesics. *Clin Genet* 82:367-373.

Haga N, Kubota M, Miwa Z, Japanese Research Group on Congenital Insensitivity to Pain (2015). Hereditary sensory and autonomic neuropathy types IV and V in Japan. *Pediatr Int* 57:30-36.

Hohenauer T, Moore AW (2012). The Prdm family: expanding roles in stem cells and development. *Development* 139:2267-2282.

Kuner R (2010). Central mechanisms of pathological pain. *Nat Med* 16:1258-1266.

Leipold E, Liebmann L, Korenke GC, Heinrich T, Giesselmann S, Baets J, and cols., (2013). A de novo gain-of-function mutation in SCN11A causes loss of pain perception. *Nat Genet* 45:1399-1404.

McKelvey L, Shorten GD, O'Keeffe GW (2013). Nerve growth factor-mediated regulation of pain signalling and proposed new intervention strategies in clinical pain management. *J Neurochem* 124:276-289.

Nilsen KB, Nicholas AK, Woods CG, Mellgren SI, Nebuchennykh M, Aasly J (2009). Two novel SCN9A mutations causing insensitivity to pain. *Pain* 143:155-158.

Nolano M, Crisci C, Santoro L, Barbieri F, Casale R, Kennedy WR, and cols., (2000). Absent innervation of skin and sweat glands in congenital insensitivity to pain with anhidrosis. *Clin Neurophysiol* 111:1596-1601.

Rosemberg S, Marie SK, Kliemann S (1994). Congenital insensitivity to pain with anhidrosis (hereditary sensory and autonomic neuropathy type IV). *Pediatr Neurol* 11:50-56.

Rotthier A, Baets J, Timmerman V, Janssens K (2012). Mechanisms of disease in hereditary sensory and autonomic neuropathies. *Nat Rev Neurol* 8:73-85.

Weiss J, Pyrski M, Jacobi E, Bufe B, Willnecker V, Schick B, and cols., (2011). Loss-of-function mutations in sodium channel $Na_v1.7$ cause anosmia. *Nature* 472:186-190.

Yuan J, Matsuura E, Higuchi Y, Hashiguchi A, Nakamura T, Nozuma S, and cols., (2013). Hereditary sensory and autonomic neuropathy type IID caused by an SCN9A mutation. *Neurology* 80:1641-1649.

Francisco Pimienta
Facultad de Medicina
División Académica de Ciencias de la Salud
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Francisco Mercado
Angélica Almanza
Instituto Nacional de Psiquiatría
Ramón de la Fuente Muñiz
almanza@imp.edu.mx

www.elementos.buap.mx

El cambio teórico en CIENCIA desde una EPISTEMOLOGÍA de la imaginación

Luis Mauricio **Rodríguez-Salazar**

En la segunda década del siglo XIX, la reflexión sobre el origen de la nueva teoría "electro-magnética" produce una especie de monólogo colectivo que plantea un lenguaje simbólico pre-conceptual intra e interindividual implicado en un cambio teórico en la ciencia. Se trata de un proceso en el que los científicos que estaban involucrados con esta nueva teoría, elaborando discursos explicativos del fenómeno electro-magnético desde representaciones individuales, algunos desde un marco teórico establecido, mientras que otros trataban de establecer un nuevo marco teórico creando sus propias representaciones del nuevo fenómeno. Los primeros lo hacían en el marco de un lenguaje conceptual –expresado en imágenes geométricas–, mientras que los segundos lo hacían mediante representaciones simbólico-imaginativas propias, lo cual, en este artículo, es considerado un lenguaje simbólico

pre-conceptual, es decir, previo al lenguaje conceptual que es desarrollado y empleado una vez que la nueva teoría fue aceptada por la comunidad científica.

Para alcanzar el objetivo de analizar en este artículo el significado epistemológico del lenguaje pre-conceptual simbólico-imaginativo como monólogo colectivo en el origen del cambio teórico en ciencia, se realizó (Rodríguez Salazar, 2015) una síntesis de las dos grandes propuestas teóricas del célebre pero mal conocido Jean Piaget –su teoría psicogenética del conocimiento en general y su teoría sociogenética del conocimiento científico en particular–, síntesis que fue llevada a un caso particular de la historia de la ciencia: la teorización del descubrimiento del ectromagnetismo por John Christian Ørsted, el inventor danés.

Paulatinamente, la síntesis basada en las dos propuestas epistemológicas de Piaget, al ser aplicada al análisis del trabajo experimental de Ørsted, de manera co-evolutiva se fue transformando en una propuesta epistemológica propia: la epistemología de la imaginación. Con esta propuesta epistemológica se analizaron dos décadas del trabajo experimental de Ørsted (Jelved, Jackson & Knudsen, 1998), para explicar el desarrollo de su teoría del conflicto eléctrico como un proceso de estructuración simbólico-imaginativa, el cual sometió a consideración de la comunidad científica. Con su teoría del conflicto eléctrico, Ørsted fue el punto de referencia del cambio conceptual de la electrostática a la electrodinámica, de la cual surgió un lenguaje pre-conceptual que paulatinamente se consolidó en la nueva teoría electro-magnética.

Dicha teoría no era la simple unión de los dos conceptos teóricos ya existentes: electricidad y magnetismo, ya que la electricidad se comportaba como si fuera un imán sin serlo. La electricidad, entonces, no podía seguir siendo conceptuada de la manera en que lo había sido hasta ese momento, pues ya no era la electricidad estática que conocían, sino una electricidad en movimiento. Se trataba de una electrodinámica que ahora se comportaba como si fuera un imán debido a la circulación de las cargas en un circuito cerrado.

Para hablar del nuevo fenómeno "electro-magnético" no se hacía referencia entonces a los fundamentos teóricos que sustentaban ambos fenómenos por separado, sino a las representaciones que se hacían del comportamiento del nuevo fenómeno buscando darle una estructura a partir de los resultados experimentales obtenidos. Dicho comportamiento sólo podía ser descrito mediante representaciones simbólico-imaginativas de los experimentadores, las cuales adquirían un carácter colectivo mediante la coordinación interindividual de acciones evocadas mentalmente. Esto sucedía al momento de que cada experimentador interesado en el fenómeno, repetía y explicaba a su manera su propio experimento, pero considerando los resultados previos de otros experimentadores.

LA EXPERIENCIA SIMBÓLICO-IMAGINATIVA EN EL CAMBIO TEÓRICO EN CIENCIA

En el marco de la epistemología de la imaginación, se plantea que el cambio teórico en ciencia es producto de las acciones evocadas de la experiencia simbólico-imaginativa, expresada en un principio como una configuración imaginaria de nuevas realidades posibles; un tipo de experiencia que se entiende, en primera instancia, como el proceso de darle forma en la imaginación a algo no existente, y en segunda instancia, el proceso de ostentarlo material y/o matemáticamente para hacerlo inteligible a la colectividad. Para ejemplificar esta propuesta epistemológica, se hizo un resumen de las dos décadas de experimentos a partir de los cuales Ørsted desarrolló su teoría del conflicto eléctrico, teoría acerca de la resistencia de los cuerpos a la transmisión de las descargas eléctricas de la pila voltaica. Para ello Ørsted utilizó un alambre metálico como medio transmisor, al cual le colocó, en cada uno de sus extremos, los alambres que estaban conectados a los polos positivo y negativo de la pila. Lo que buscaba era la incandescencia en el alambre metálico, generada por el conflicto de la descarga eléctrica en su transmisión al interior del mismo.

La configuración imaginaria de Ørsted era que la incandescencia del alambre producida por su resistencia al paso de la electricidad –el conflicto eléctrico–, produciría un efecto magnético. Con esta hipótesis directriz, él estaba planteando que la electricidad se podría transformar en magnetismo. Su hipótesis de partida –además de ser considerada por algunos, como un

reflejo de su pensamiento místico-religioso– iba en contra de lo socialmente aceptado por la comunidad científica de la época, ya que desde Gilbert, dos siglos atrás, se consideraba que la electricidad y el magnetismo eran dos fenómenos totalmente diferentes. En ciertos momentos podían interactuar, pero se entendía que eran diferentes.

Por ejemplo, en los navíos del siglo XV se empezó a notar la interacción natural de que los rayos producidos durante las tormentas tenían cierta repercusión en el comportamiento de las brújulas. Esto llevó a que se realizara la interacción de ambos fenómenos –con la pila voltaica y la brújula- de manera experimental, intentando dar cuanta de los cambios de polaridad de la brújula durante las tormentas que reportaban los marinos, fenómeno que recibió la atención de Benjamin Franklin en 1751.

En el caso de Ørsted, para llevar a cabo sus experimentos creó sus propios aparatos galvánicos, los cuales eran variantes de la pila voltaica inventada por *Alessandro Volta* en 1800. Con ellos, Ørsted no logró el efecto magnético mediante la incandescencia del alambre metálico que utilizó como medio conductor de la electricidad, pero sí lo logró al quedar integrado el alambre conductor –como le llamó Ørsted–, a aquellos alambres que estaban conectados a los polos positivo y negativo de su aparato galvánico –a los que llamaba alambres conectores–, a través de los cuales se producía la descarga eléctrica. Esto dio origen a un instrumento que producía un efecto completamente diferente al efecto producido por la pila voltaica, ya que las descargas eléctricas a través del alambre metálico –que servía de medio conductor–, se convirtieron en un flujo continuo de la electricidad de un polo al otro del aparato a través del alambre "conductor-conector", como le llamó Ørsted (1820).

Con esto se argumenta que la teoría del conflicto eléctrico de Ørsted llevó al concepto de corriente eléctrica –que los filósofos de la ciencia le atribuyen a Ampère–, conceptuación que se puede apreciar en el cambio en el título del reporte original en latín al traducirlo él mismo al inglés.

En la reproducción que hizo el connotado historiador de la ciencia George Sarton (1928) del mencionado reporte, se puede apreciar que Ørsted cambió el título:

© **Emilio Salceda,** 2012.

Experimenta circa effectum ***conflictus electrici*** *in acum magneticam*, por el de *Experiments on the Effect of a* ***Current of Electricity*** *on the Magnetic Needle*, cuando tradujo su facsímil en latín –tres meses después–, para publicarlo en el *Journal Annals of Philosophy*. Sin embargo, a solo un mes de la impresión de su facsímil en latín, lo tradujo el propio Ørsted al francés, publicado en el *Journal de Physique* con el título *Expériences sur un effet que le* ***courant de la Pile*** *excite dans l'Aiguille aimantée*.

No obstante que ya existían esas revistas y muchas otras más, Ørsted publicó sus resultados experimentales en un facsímil escrito en latín, el cual distribuyó entre algunos de sus colegas, entre ellos el francés François Jean Dominique Arago, quien fue el que lo dio a conocer a la comunidad científica de la época. Ørsted no se atrevió a enviarlo a una de las revistas existentes, ya que sus resultados, a la manera de lo que hemos llamado aquí lenguaje simbólico pre-conceptual, iban en contra de los marcos teóricos establecidos de la época, además de que, fundamentalmente, como lo señaló en las conclusiones del mencionado reporte, ni él mismo podía dar una explicación a los resultados obtenidos,

por lo que invitaba a sus colegas a que repitieran sus experimentos (Orsted, 1820).

Se trataba entonces, en el marco de una epistemología de la imaginación, de una situación de debate teórico-experimental creada en un espacio entre el individuo y la comunidad científica –en este caso entre Ørsted y la comunidad científica de su tiempo–, que se ha venido refiriendo, como el espacio psicosocial en el que se gestó un cambio teórico en la ciencia.

LENGUAJE CONCEPTUAL Y LENGUAJE SIMBÓLICO-IMAGINATIVO PRE-CONCEPTUAL

Al darse a conocer el facsímil de Ørsted, hubo quienes quisieron explicar el nuevo fenómeno en el marco de una teoría ya establecida, entre ellos *Jean Baptiste Biot*, quien pertenecía a una comunidad científica guiada por normas institucionales socialmente aceptadas. Guiado así por la norma social de su comunidad científica, Biot trató de explicar la electricidad producida por el nuevo aparato galvánico de Ørsted en el marco de la teoría electrostática ya aceptada para el fenómeno producido por la pila voltaica.

En el marco de la teoría newtoniana de atracción y repulsión, que Coulomb aplicó a las fuerzas eléctrica y magnética, Biot utilizó el aparato galvánico de Ørsted para explicar el nuevo fenómeno electro-magnético, describiéndolo como un efecto circular alrededor del alambre. De esta manera, el grupo de desplazamientos del alambre metálico alrededor de la aguja magnética fue estructurado por Biot, desde el punto de vista de la teoría establecida, como una fuerza revolutiva. En cambio, la configuración imaginaria de Ørsted era la de un efecto circular en todo el espacio circunyacente al alambre en forma de espiral, lo cual rompía con la conceptuación de la acción a distancia de la fuerza revolutiva.

Desde el punto de vista del análisis epistemológico que se propone en este artículo, tiene grandes repercusiones que tanto Biot como los miembros de la comunidad científica a la que pertenecía, hayan configurado una imagen del efecto alrededor del alambre en forma de círculo, conceptuándolo como una *fuerza revolutiva*, mientras que Ørsted lo conceptuaba en forma de espiral. Era natural entonces que la estructuración en forma de círculo representada como *fuerza revolutiva* facilitó su estructuración algebraica en el marco de la teoría aceptada socialmente. En cambio, la conceptuación de Ørsted de un efecto en todo el espacio circunyacente al alambre sentó las bases, tiempo después, para el posterior desarrollo de la teoría de campo.

En el marco de la epistemología de la imaginación, se dice que se creó así un espacio psicosocial de coordinación interindividual por medio de un lenguaje simbólico producido por la configuración imaginaria del nuevo fenómeno, derivada de los resultados obtenidos al llevar a cabo el experimento de Ørsted bajo sus propios diseños experimentales. Esto creó lo que en este artículo se ha referido como una especie de monólogo colectivo, en el que cada quién hablaba del nuevo fenómeno electromagnético desde su propia configuración imaginaria.

MONÓLOGO COLECTIVO Y LENGUAJE SIMBÓLICO PRE-CONCEPTUAL

Para ejemplificar la propuesta de la configuración imaginaria del nuevo fenómeno en forma de monólogo colectivo bajo configuraciones imaginarias pre-conceptuales, se señala que Ørsted en sus experimentos utilizó un alambre metálico con el cual cerró sobre sí mismo el circuito de su aparato galvánico, provocando el efecto magnético alrededor de la aguja de la brújula. Biot en cambio sustituyó la aguja magnética suspendida sobre un pivote, que es como está construida la brújula, por una aguja magnética suspendida de un hilo de seda, lo cual le permitía mover alrededor de la aguja el alambre metálico que cerraba sobre sí mismo el circuito del aparato galvánico.

Con esta base, Davy planteó un maravilloso experimento que era una ingeniosa mezcla de los experimentos de Ørsted y de Biot: suspendió de un hilo de seda las agujas –como una torre de agujas– de modo que quedaran apuntando en direcciones diferentes, dejando fijo, en su parte intermedia, el alambre metálico (lámina (a) de figura 1) por el que circulaba, de un polo al otro, la electricidad del aparato galvánico. Con el alambre metálico colocado de esta manera, Davy ya no tenía que moverlo alrededor de su torre de agujas, como lo hizo Biot con su aguja suspendida del hilo de seda.

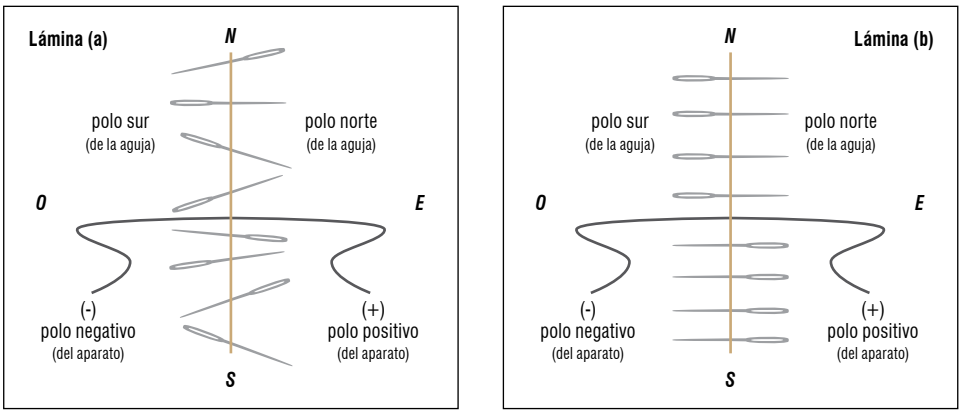


Figura 1. Representación de la Torre de agujas de Davy. Eliminación del movimiento del alambre conector alrededor de la aguja magnética con el que se buscaba dar cuenta de los desplazamientos de la aguja por el efecto de la corriente eléctrica. Fuente: elaboración propia.

El primer cambio de Davy fue eliminar el movimiento del alambre alrededor de las agujas, como lo hicieron Ørsted y Biot, ya que el movimiento sucesivo de la aguja suspendida al colocar encima y debajo el alambre, lo sustituyó por el cambio de orientación de las agujas que estaban apuntando en diferentes direcciones (lámina (a) de la figura 1), provocando así un movimiento sucesivo de las agujas al cambiar de orientación, como se muestra en la lámina (b) de la figura 1. El resultado del experimento lo describió Davy de la siguiente manera:

Se encontró que todas las agujas que estaban colocadas debajo del alambre (el extremo positivo de la batería estando en el este) tuvieron sus polos norte sobre el lado sur del alambre, y sus polos sur sobre el lado norte; y que las colocadas encima tuvieron sus polos sur volteados al sur, y sus polos norte volteados al norte (Davy, 1821, p. 10-11, citado por Gooding, 1990, p. 50).

El gran valor epistemológico del experimento de Davy es que el comportamiento de las agujas ya no dependía del comportamiento del experimentador, es decir, ya no dependía del desplazamiento del alambre alrededor de las agujas.

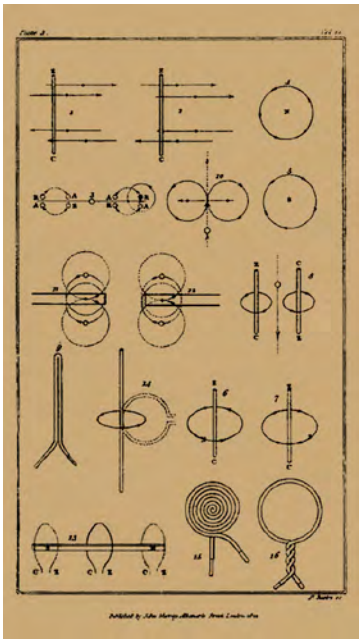
En el marco de la epistemología de la imaginación, se dice que las acciones intelectuales y motrices de desplazamiento del alambre alrededor de la aguja magnética en los experimentos de Ørsted y Biot, fueron prolongadas como acciones evocadas en el experimento de Davy. De esta manera, Davy experimentó en la imaginación el comportamiento que tendrían las agujas, tanto las que se encontraban en la parte superior como las que se encontraban en la parte inferior (ver láminas (a) y (b) de la figura 1).

El problema epistemológico radica en que, en un primer momento, en el marco del trabajo experimental, las acciones del experimentador y los fenómenos a los que dan origen tienen la misma estructura: los desplazamientos del alambre alrededor de la aguja magnética y el desplazamiento de la misma. Sin embargo, al quedar contenidas en los instrumentos las acciones experimentales, los instrumentos adquieren un valor epistemológico, ya que al seguir actuando sobre los instrumentos, se actúa sobre los fenómenos de la realidad exterior para hacerlos cognoscibles. Deja así de ser una configuración imaginaria del fenómeno, para ostentarse materialmente mediante el nuevo instrumento creado para tal fin.

Así, el diseño experimental de Davy de la torre de agujas creó un lenguaje experimental que simbolizaba la posibilidad de un efecto magnético en todo el espacio circunyacente al alambre: ya no sólo como una *fuerza revolutiva*, como lo había formalizado matemáticamente Biot. De esta manera, la torre de agujas de Davy fue el origen común y simultáneo de un nuevo instrumento, así como de la confección o estructuración del nuevo fenómeno electromagnético en todo el espacio circunyacente al alambre.

En el mismo período de los experimentos de Davy que se acaban de señalar, Faraday llevó a cabo una serie

Lámina (a)



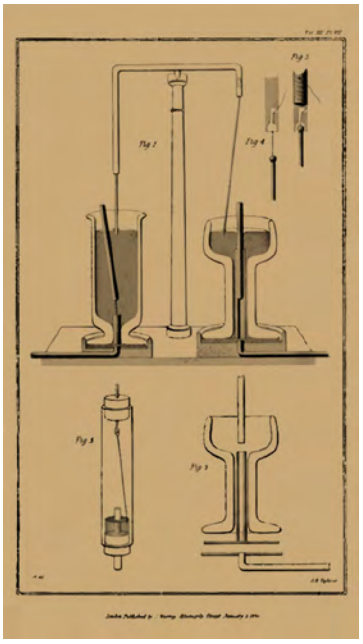


Lámina (b)

Figura 2. Aparato de Rotación electromagnética de Faraday. Origen simultáneo del fenómeno de rotación mutua entre la electricidad y magnetismo y del instrumento científico que lo hizo posible. La lámina (a) muestra la configuración imaginaria, confeccionada en bocetos y diagramas, mientras Lámina (b) muestra su materialización con la construcción del aparato. Fuente: Lámina (a): Faraday 1821a. p. 457; Lámina (b): 1821b. p. 465.

de experimentos que ejemplifican lo que en este artículo se considera como la configuración simbólico-imaginativa del movimiento electro-magnético, de lo que deduce su teoría del magnetismo, con los cuales pasó del fenómeno electro-magnético, al fenómeno de rotación mutua entre la electricidad y el magnetismo. El primer artículo lo tituló *On some new Electro-Magnetical Motions, and on the Theory of Magnetism* (Faraday, 1821a) mostrando, mediante trazos, bocetos y diagramas, su configuración imaginaria del movimiento electro-magnético (lámina (a) de la figura 2).

De la configuración imaginaria en trazos, bocetos y diagramas –de la cual dedujo su teoría del magnetismo–, pasó a la descripción del movimiento rotatorio exhibido en un aparato desarrollado exprofeso. Esto quedó expresado en el segundo artículo (Faraday, 1821b) publicado bajo el título *Description of an Electro-magnetical Apparatus for the Exhibition of Rotatory Motion*, lo cual se puede apreciar en la lámina (b) de la figura 2. En dicha lámina –que el original está señalado como fig. 1–, se observan en la parte superior izquierda dos recipientes –uno en forma de vaso y otro en forma de copa–, conteniendo mercurio como medio conductor. En su interior se encuentran sendas barras magnéticas, fija en el recipiente del lado derecho y móvil en el del lado izquierdo.

Encima de ambos recipientes, montado sobre un pivote, se encuentra un dispositivo metálico, que en el lado izquierdo tiene un alambre metálico fijo, mientras que en el derecho es móvil. Al circular la corriente en circuito cerrado, la rotación del magnetismo alrededor de la electricidad se aprecia en el lado izquierdo, mientras que el efecto inverso se observa en el lado de recho. En la parte inferior de la lámina (b), del lado derecho, –señalado en el original como fig. 2–, se presenta un diagrama de los componentes que integran el aparato, mientras que la figura del lado izquierdo –fig. 5 en el original–, presenta un aparato de dimensiones mucho menores pero que opera bajo el mismo principio de rotación electro-magnética.

Se iniciaba el camino de su representación socialmente aceptada con la construcción del aparato que describe en su segundo artículo (Faraday 1821 b). Bajo este planteamiento, la configuración imaginaria de realidades posibles no es un proceso de iluminación repentina, sino la anticipación a una realidad hasta entonces inexistente expresando un lenguaje simbólico-imaginativo pre-conceptual.

© **Emilio Salceda,** 2014.

REFLEXIÓN FINAL A MANERA DE CONCLUSIÓN

De la consideración de la historia de la ciencia como un laboratorio epistemológico derivó la propuesta de una epistemología de la imaginación, la cual continúa en desarrollo como una propuesta del papel del pensamiento simbólico-imaginativo en el cambio teórico en ciencia. Actualmente, se está aplicando la epistemología de la imaginación al análisis del trabajo experimental de William Harvey, personaje que no solo inició un cambio teórico en ciencia, sino que dió origen a la medicina científica. Se trata de la teoría de la circulación de la sangre en circuito cerrado: del corazón al corazón, saliendo por las arterias y retornando por las venas.

REFERENCIAS

Faraday M (1821a). On some new Electro-Magnetical Motions, and on the Theory of Magnetism. Recuperado de: http://www.archive.org/stream/quarterlyjournal12jour#page/74/mode/2up.

Faraday M (1821b). Description of an Electro-magnetical Apparatus for the Exhibition of Rotatory Motion. Recuperado de: http://www.archive.org/stream/quarterlyjournal12jour#page/282/mode/2up.

Gooding D (1990). *Experiment and the Making of Meaning: human agency in scientific observation and experiment*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.

Jelved K, Jackson A & Knudsen O (1998). Selected Scientific Works of Hans Christian Ørsted. Princeton University Press. U.S.A.

Ørsted HC (1820). Expériences sur un effet que le courant de la Pile excite dans l'Aiguille aimantée. Journal de Physique, de Chimie, D´Hisorie Naturale et des Arts. Recuperado de: http://archive.org/stream/journaldephysiqu91pari#page/n5/mode/2up.

Rodríguez-Salazar LM (2015). *Epistemología de la Imaginación: el trabajo experimental de Ørsted*. Editorial Corinter, México.

Sarton G (1928). The foundation of electromagnetism. *Isis* 10(2):437-440.

Luis Mauricio Rodríguez-Salazar
Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales
Instituto Politécnico Nacional
luismauriciors@gmail.com

© **Emilio Salceda,** 2015.

www.elementos.buap.mx

Suicidio y modernidad

Una meditación

Juan Carlos
Canales Fernández

Nacidos muertos, no siempre mueren,
pero deslumbrados, no pueden olvidar una droga
tan dulce
que hasta los niños mirarían sonriendo.
¡Meterse toda esa vida bajo tu lengua!
Toda ella por sí sola se vuelve una pasión.
La muerte es un hueso triste, estropeado, dirías.
y aún así me espera, año tras año,
para deshacer cariñosamente una vieja herida,
para vaciar mi aliento de su mala prisión.
Balanceados ahí los suicidas algunas veces se
encuentran, rabiosos ante el fruto, una luna inflada,
dejando el pan que confundieron con un beso

Anne Sexton

Yo lo hago excepcionalmente bien
Tan bien que es una barbaridad.
Tan bien que parece real.
Se diría, supongo, que tengo el don.

S. Plath

© **Emilio Salceda,** 2015.

¿Por qué un hombre decide interrumpir su vida? es uno de los grandes enigmas humanos; desde una perspectiva eminentemente antropológica es el problema central de la condición humana: la muerte. ¿O no acaso eso que llamamos orden humano, propiamente dicho, se constituye desde el momento en que los humanoides marcan espacios diferenciados entre el mundo de los vivos y el mundo de los muertos, y empiezan a ordenar las relaciones sociales de acuerdo a esa demarcación?, ¿acaso no también el primer testimonio del lenguaje aparece en el momento mismo en que el monumento funerario suple o señala el cuerpo desfallecido del otro para integrarlo a la memoria y a los registros imaginario y simbólico, por los cuales dejamos de desfallecer como los animales y empezamos a morir como hombres? Porque ese "real" de carne desfallecido, ese "real" de la carne sujeto a la pura materialidad biológica, solo puede cobrar sentido –y un pleno sentido como "muerto"–, desde el momento en que es cruzado por esos dos registros. La relación indisoluble que encuentra Hegel entre el lenguaje y la muerte es algo más que una mera abstracción filosófica para convertirse en el nódulo de la existencia humana. No es aventurado o excesivo pensar, entonces, que la cultura no es otra cosa que el conjunto de respuestas que a lo largo de la historia los hombres hemos formulado a la pregunta por la muerte o, de otro modo, la cultura es el conjunto de investiduras con las cuales revestimos la desnudez "real" de ese desfallecer para convertirlo en un patrimonio. Hasta donde sabemos, somos los únicos seres en el universo que problematizamos nuestra relación con la muerte, y no solo eso, somos los únicos seres en el universo que hacemos de la muerte un fenómeno plural. Los hombres morimos de distintos modos. No hay un solo modo de morir. Así, el suicidio, por paradójico que parezca, es uno de tantos modos de atender y *a-tender* un puente con la muerte; o bien, el suicidio es una de las múltiples formas en que la muerte se apertura al hombre, lo interroga, lo reclama. Entonces, desde una posición hermenéutica, debemos comprender el suicidio como un hecho de sentido y de la subjetividad. Nuestra reflexión no solo reclama el concurso de múltiples disciplinas, sino una orientación que comprenda el suicidio como una *acción* plena de sentido y, también, como un saber. Sentido que casi siempre deviene cifrado, murmurado o balbuceado; saber, que revela la fragilidad de nuestros propios saberes, su reverso; la dimensión siniestra que nos atraviesa como individuos y como sociedad: el *unheimilich* freudiano, entendido como aquello que creemos lo más alejado de nosotros y, sin embargo, es lo más próximo.

Max Weber, en uno de sus ensayos sobre metodología social, nos invita a pensar la tarea sociológica como una forma de comprender el sentido que todo sujeto imprime, consciente o inconscientemente, a la acción, entendida como un comportamiento comprensible en relación a objetos, esto es, un comportamiento especificado por un sentido (subjetivo) poseído o mentado, no interesa si de manera más o menos inadvertida... Ahora bien, la acción que específicamente reviste importancia para la sociología comprensiva es una conducta que 1) está referida de acuerdo al sentido subjetivamente mentado del actor a la conducta de los otros 2) está codeterminado en su decurso por esta su referencia plena de sentido y 3) es explicable por vía de comprensión a partir de este sentido mentado (subjetivamente). Con el mundo exterior, y en especial, con la acción de los otros, relaciónense también, de manera subjetivamente provista de sentido, las acciones afectivas y los estados anímicos.

Si he citado en extenso el texto de Weber no es solo por la propuesta metodológica de volver, como lo

plantea la fenomenología, a la cosa en sí, suspendiendo nuestros saberes –la *epoché* husserliana–, sino, y sobre todo, por la apuesta ética que podemos deducir de ella. Reconocer el suicidio como un hecho pleno de sentido y como un saber, por insoportables que nos parezcan es, también, una forma de devolver la dignidad a los suicidas, de no condenarlos, doblemente, a la nuda vida. En el centro de esa dignidad se encuentra su palabra. Una palabra entredicha, *des-dicha*. Escuchémosla. Tanto de ellos mismos, como de nosotros, algo nos está diciendo.

La tesis anterior, de carácter sociológico, o por ese mismo carácter sociológico, no debe desviarnos –u obnubilar– lo que debería constituir otra de las claves de nuestra discusión: el de la subjetividad, entendida en tres dimensiones: primero, como la expresión singular, irrepetible, del espectro social; segundo, como una forma de autocomprensión y, por último, como el conjunto de mecanismos que regulan la sexualidad, el amor y la muerte, por la cual el suicidio adquiere un significado irrepetible de un sujeto a otro y de un momento histórico a otro, y en cuyo cruce está el cuerpo, los otros y el Otro. Cierto, en términos generales, el suicidio ha sido reprobado a lo largo del tiempo (por supuesto no desconozco la reivindicación que hacen de él los epicúreos, los estoicos o algunos pensadores modernos o la no menos contradictoria posición de Platón al respecto), una somera revisión histórica y lexicográfica de la acción suicida nos muestra el proceso de su estigmatización a lo largo de la modernidad y, a este respecto, debemos distinguir claramente entre reprobación y estigmatización, y los recursos de una y otra para otorgar un lugar determinado a la responsabilidad del sujeto suicida; en último caso lo que debemos cuestionar no son las indiscutibles consecuencias morales del suicidio, sino los mecanismos de saber que arrebatan al individuo la responsabilidad de su acto bajo el paradigma de la enfermedad mental, lo que a la postre justificará todo tipo de intervención médica o estatal, o médico-estatal sobre la libertad del individuo. La creciente intervención de Estado respecto al suicidio debe ser comprendida en el contexto mayor de una transformación entre la esfera privada y la esfera pública, propia del biopoder, en la que el Estado pretende normar cada vez con mayor fuerza el universo subjetivo del individuo.

© **Emilio Salceda,** 2015.

Ya hace mucho Foucault señaló ese desplazamiento del poder soberano -por el cual este se otorga el derecho a dar la muerte- hacia otra forma de poder, el biopolítico, que se concentra en el cuidado- la seguridad- de la vida, al menos en su aspecto más básico, el biológico- la *zoe* aristotélica.

Tanto para los griegos como para los romanos la legitimidad o ilegitimidad del suicidio dependía de sus circunstancias; en el *Fedón*, Platón avala la acción suicida siempre y cuando se deba a una señal divina. Por el contrario, en Las leyes condena al cadáver del suicida a la extraterritorialiedad de *la polis* y a una tumba sin identidad. Aristóteles condenó el suicidio en su *Ética a Nicómaco* por considerarlo un atentado contra el Estado. Sin embargo, los propios griegos vieron el suicidio como un acto de responsabilidad individual, designándolo como "levantar la mano contra uno mismo", o "actuar por propia mano". El derecho romano reconoció el suicidio como legítimo, siempre y cuando no interrumpiera un proceso jurídico y, aunque existía la palabra *sui caedere*, el suicidio se designaba como *mors voluntaria*. De igual modo, los romanos asociaban el suicidio al tedio de vivir, inscribiéndose, desde luego, en la tradición del pensamiento occidental sobre la melancólica que se extiende desde la antigüedad hasta la era moderna y que en gran parte concibe el suicidio ligado a factores anímicos o morales y no propiamente mentales, como

© **Emilio Salceda,** 2013.

la desesperanza o la abulia que atraviesan gran parte del imaginario medieval. Es en este periodo en que al acto de suicidarse se le designa como desesperarse. La mejor síntesis del pensamiento cristiano respecto al suicidio la encontramos en el canto XIII del Infierno de Dante. Todavía en 1652, Robert Burton, en su *Tratado sobre la melancolía*, no utiliza la palabra suicidio. Según el diccionario de Oxford, la primera vez que se utilizó la palabra fue en 1651, pero con el significado de protegerse de una calamidad inevitable, no como un crimen y hasta el siglo XVII se designa el suicidio como auto asesinato. En España en 1654 aparece la palabra suicidio y hasta 1787 la palabra suicida. Este simple desplazamiento del verbo al sustantivo implica un profundo cambio jurídico en el que se deja de juzgar un acto concreto para fijarlo a un estatuto conductual permanente.

Si no me equivoco, es Shakespeare uno de los primeros que comprende el suicidio como consecuencia de la locura; claro, me refiero a Ofelia, no a los 12 restantes suicidas que atraviesan su obra.

El fallo irrecusable del suicidio a la enfermedad obedece, en primera instancia, al paradigma médico, propio de los siglos XVII, XVIII y XIX, que traza una línea infranqueable entre lo normal y lo patológico, sostén principal de todos los aparatos disciplinarios de la modernidad (véanse los trabajos de Canguilhem y Foucault al respecto). Thomas Szasz, en *Libertad fatal* afirma:

> La aparición del sustantivo suicidio, al igual que concepto mente, es una invención occidental del siglo XVII. Ambos términos reflejan un importante cambio cultural: de percibir la muerte voluntaria como una acción de la cual la persona es responsable a percibirla como un suceso del que ya no lo es. Pero también hemos pasado de contemplar a las personas como poseedoras de alma y de libre albedrío a verlas como poseedoras de mentes que pueden desequilibrarse, impidiendo decisiones verdaderamente libres.

Mientras el autoasesinato fue considerado una acción, el lenguaje solo dispuso de verbos para referirse a él. Ausente la palabra suicidio, la gente consideraba

al suicida un sujeto moral, responsable de su decisión. Por el contrario, ahora pensamos que el suicidio es un suceso o un resultado, lo atribuimos a una enfermedad mental y vemos al sujeto como una víctima. La transformación de alma en mente y del autoasesinato en suicidio señala el comienzo de una gran migración ideológica: muchas de las cuestiones propias de la religión pasarán a formar parte del campo de la medicina. Los pecados se convierten en enfermedades y los comportamientos reprobables, sustentados en motivos o razones, pasan a ser conductas de enfermos mentales, cuya causa se puede determinar. Si bien atribuir el suicidio a una enfermedad mental excusa y, aparentemente, desestigmatiza el hecho como la consecuencia no deseada de la enfermedad, al mismo tiempo que lo incrimina y estigmatiza de nuevo como una temida manifestación de locura.

Una cita de Esquirol –uno de los padres de la Psiquiatría–, nos permite comprender la transformación del saber frente al suicidio: El suicidio es una consecuencia del delirio de las pasiones o locura. Su tratamiento pertenece a la terapia de las enfermedades mentales.

La apropiación del suicidio por la ciencia implica despojarlo de su sentido ético, político e histórico, condenando al suicida a la nuda vida. Al arrebatar de sentido la acción suicida –acción que se desdobla en múltiples significados– la ciencia expulsa al suicida del orden propiamente político –el bios arístotélico– para operar sobre su pura dimensión zoica, operación que tiene como único objetivo el organismo y sus funciones; en segunda instancia, la remisión del suicidio a la enfermedad mental determina el estatuto "preventivo" que suponen prácticamente todas las disciplinas "psi" y el mismo carácter policial con la que nació la Psiquiatría.

El problema planteado por Weber nos lleva al meollo de la fenomenología: la insuficiencia del aparato analítico de la ciencia sostenido en un dudoso empirismo, en la causalidad mecánica y en la formalización matemática del mundo, y de ahí a la pregunta que corre, subterráneamente, bajo este texto: ¿es suficiente la ciencia para comprender el fenómeno suicida, cuando lo que está en juego es la dimensión subjetiva del individuo y no su anclaje biológico, estadístico o meramente calculable? Desde la misma perspectiva, deduzco otros dos problemas cruciales: primero, el de deshacer la relación lineal y mecánica entre la causa y el síntoma y, segundo, plantear que, como todo fenómeno humano, el límite estadístico del suicidio solo puede ser "1". Como síntoma, el suicidio está mediado por una compleja trama de relaciones polisémicas, metafóricas; como síntoma, debemos comprender el suicidio como una solución de compromiso entre lo inconsciente y lo consciente, entre la pulsión de vida y la pulsión de muerte; o, tal vez, desde la tensión que gravita en una única pulsión, pulsada en un extremo por la vida y, en el otro, por la muerte. Sin embargo, en cuanto al problema del síntoma y el destino de la pulsión, hoy día la clínica psicoanalítica se enfrenta al problema cada vez mayor de sujetos asintomáticos y, en cuanto a la pulsión, esta parece traspasar sus distintos destinos para inscribirse en el puro acto: amantes o suicidas son cada vez más incapaces de elaborar su duelo, simbolizarlo, en el doble sentido, de nuestra relación con la ley y con la metáfora. Lo anterior solo puede ser entendido en una sociedad dominada por la técnica, por el "rendimiento", una sociedad que ha agotado toda relación con "el aroma del tiempo" a decir de Byung Chul Han. Es el capital el que niega toda mediación, toda metáfora; es la política, hoy día, la incapaz de elaborar el más básico intercambio. Volviendo a Freud, lo siniestro aparece allí donde no se apalabra.

© **Emilio Salceda,** 2013.

Ahora les propongo movernos del pesado ámbito de la teoría al más ligero y seductor de la literatura, y de la mano de Vila-Matas, en ese hermoso libro que es *Suicidios ejemplares*, reconstruir, con las piezas que tengamos a mano, el viaje interior que todo suicida emprende, a condición de no perder de vista el paisaje de ese viaje, las inscripciones que ese viajero va dejando a lo largo de su camino, y de no confundir nuestra torpe reconstrucción de esas inscripciones o indicios con nuestro juicio sobre los mismos.

Así como una de las grandezas del Psicoanálisis consiste en haber separado la sexualidad femenina del saber patriarcal y fálico de la época, separemos del suicidio nuestros saberes, que estos no escamoteen, ensombrezcan o silencien la palabra, el murmullo o el balbuceo que cada uno de los suicidas nos lanza como una pregunta.

La especificidad hermenéutica de ese devenir de la muerte al hombre solo puede entenderse a plenitud en relación al tiempo, a la historia. En tanto que históricamente podemos afirmar que el suicidio en el mundo antiguo y en el mundo medieval fue un fenómeno excepcional, no lo será así para el mundo moderno, en el que se convierte en inherente a él. Suicidio y Modernidad mantienen un lazo indisoluble. No es casual el interés que el tema despertó en autores como Montaigne, Donne y Hume, quienes empiezan a debatirlo en el contexto del lento proceso de desacralización que es la propia modernidad; y el no menos significativo caso de Shakespeare y toda esa galería de suicidas y melancólicos que atraviesan la obra, como condición para su *invención de lo humano,* o la preocupación que hay en torno a la melancolía durante los siglos XVI y XVII, siguiendo la línea que se desarrolló en el famoso fragmento XXX, atribuido a Aristóteles, y en el que desvincula el nexo mecánico entre enfermedad y melancolía; no se diga entre

© **Emilio Salceda,** 2013.

los románticos, quienes convirtieron al suicidio en una alternativa tanto ética como estética de cara a la industrialización y a la sociedad de masas, hasta el propio Camus, en el siglo XX, para quien "no hay más que un problema filosófico verdaderamente serio: el suicidio. "Juzgar que la vida vale o no vale la pena de que se la viva es responder a la pregunta fundamental de la filosofía" o, incluso, en un escritor católico de la talla de Paul Louis Landsberg, autor de *Ensayo sobre la experiencia de la muerte. El problema moral del suicidio*. La propia historia de la literatura moderna está recorrida de cabo a rabo tanto por el tema del suicidio como por los escritores suicidas. Un dato curioso al respecto es que la mayoría de esos escritores se han suicidado en el momento de mayor éxito de su obra y, para el caso de las mujeres escritoras, un porcentaje elevado se ha suicidado por agua. Literalmente se han *liquidado*, quizá por esa compleja relación de la mujer con el goce, planteado por Lacan y que antes, mucho antes que el psicoanalista francés, distintas mitologías comprendieron también en Lilith, María Magdalena, Antígona y Medea.

No puedo hacer aquí un recorrido por las distintas posiciones teóricas o estéticas que el suicidio ha provocado a lo largo de la modernidad; me limitaré a señalar algunos de los elementos estructurales que determinan su lazo. Partamos de dos ideas básicas que deben servirnos como telón de fondo a nuestra reflexión: comprender la modernidad como un vertiginoso proceso de relativización de valores, dentro del cual el valor absoluto de la vida es puesto en duda y, junto a ello, el no menos violento espíritu transgresor de la modernidad que llega a tocarse con la muerte, la pasión por lo "real" que señala Badiou y que encontramos en dos de los más importantes emblemas de la modernidad: Marat y Sade; el desenlace nihilista de la propia modernidad que señaló Nietzsche y que constituye el punto de partida de Camus para sus reflexiones sobre el suicidio, tanto en *El mito de Sísifo* como en *El hombre rebelde*. Punto de partida que sirve también a Scheler para elaborar su complejo aparato ético, en uno de cuyos centros –*Muerte y supervivencia*– plantea la dificultad de valorar la vida en una sociedad que, día a día, desdibuja la muerte. Por paradójico que parezca, la modernidad, en su afán por desterrar el lugar simbólico-ritual de

© **Emilio Salceda,** 2013.

la muerte, no solo la extendió a la totalidad del tejido social, también la banalizó.

Disueltos los vínculos de la religión y la tradición y la pauperización de la experiencia histórica, por los cuales el hombre se fijaba al mundo y lo vivía como una unidad de sentido, la modernidad no solo provocará la sustantivación de las esferas de vida, sino una profunda escisión entre los ámbitos de la subjetividad y la objetividad. Paralelo a este proceso, o tejido con él, el triunfo de la razón técnico-científica determinará el confinamiento de la subjetividad a la frontera de la extraterritorialiedad, y cuyas arremetidas por recuperar el espacio social son cada vez más violentas. Paradójicamente, esa tendencia de la subjetividad queda subsumida en la lógica de la eficiencia y eficacia propia de la modernidad. Es en este horizonte en el que también tenemos que inscribir una dimensión histórica del suicidio y las antinomias que suscita: el triunfo y la erotización de la pérdida. No creo exagerado pensar que

los suicidios de Jean Améry y de Primo Levi se empaten con esta reivindicación radical de la subjetividad, tras la experiencia en los campos de concentración nazis. Esa misma tensión espacial entre extraterritorialiedad subjetiva y centralidad objetiva ha provocado un fenómeno que se encuentra en la mira del pensamiento y de la sociología contemporáneos: el "no lugar", y cuyos efectos, hoy, recorremos cotidianamente en plazas comerciales, aeropuertos, cajeros, etc., hasta el semblante, no el rostro, de los inmigrantes, los locos, los presos y los suicidas o los 43 estudiantes de Ayotzinapa ha lanzado al espacio del *homo saccer*. Subrayo: el suicidio es uno más de los semblantes que revelan y ocultan el lugar del vacío, el no lugar, del mundo contemporáneo. Ese no lugar que también se expresa en la reducción de todo acontecimiento –la vida misma– a la pura virtualidad, principio de operación y fundamento del mundo técnico, el *Ge-stell* heideggeriano. De suerte que nuestro destino parece jugarse entre el *reset* y el *delete* del mundo técnico-comunicativo. ¿Cómo, entonces, exigirle a un ser humano que se sostenga en el mundo, si nuestros aparatos ideológicos lo obligan a renunciar a todo proyecto en nombre de un reinicio infinito, sin término: la condición de *labor* y el lugar que otrora los hombres habíamos tenido en la tierra, pende ahora de una tecla que con la misma facilidad nos hace aparecer o desaparecer de la pantalla total en que hemos convertido el único lugar posible para nosotros? El mundo ya no es más un lugar habitable, escribió H. Arendt.

Así como la física contemporánea reconoce el vacío como una fuerza creciente que día a día devora el universo, tenemos que reconocer que la modernidad ha convertido a la tierra, en su conjunto, en un inmenso espacio vacío o, si lo prefieren, en la tierra baldía a la que aludía Eliot, y repito, las mujeres de Juárez, los locos, los presos, los suicidas, los migrantes son su semblante, el señuelo de nuestro vacío.

Lo que ha muerto en el mundo contemporáneo debido a esa hiperobjetivación señalada por Hegel hace más de dos siglos, y que se desdobla en múltiples figuras a lo largo de la modernidad, sea a través de la Clase, la Historia, la Patria o el consumo, no es propiamente el sujeto, como presuponen ciertas filosofías posmodernas, sino el objeto. Como ustedes saben, para el Psicoanálisis ese objeto está perdido de antemano, incluso es producto de una alucinación. Pero gracias a ello, a esa imposibilidad, el deseo se sostiene y nos sostiene –*sos-tiene*– en la vida, al tiempo que esa pérdida introduce la dimensión fantasmática por la cual el sujeto se amarra, con mil dificultades, al registro imaginario y simbólico que finalmente le otorgan un lugar y un límite en el mundo. ¿Recuerdan esa hermosa película japonesa de la década del 40 *El imperio de la pasión?* Ojo, no se confunda con *El imperio de los sentidos*, cuya propuesta parece significar el reverso de la primera, aunque se toquen en muchos puntos.

El mundo contemporáneo cancela la posibilidad simbólica e imaginaria de ese objeto, y en su lugar nos impone un señuelo de él. Un semblante: poder, dinero, éxito, consumo, en fin, un mundo sin fallas, sin fractura. Un mundo donde tramposamente nos ofrecen ese objeto como alcanzable, y no solo eso, devorable, a través del consumo. Esa carrera en la que nos ha metido el capital, la técnica, el poder y su promesa de un goce absoluto, solo puede desembocar en la muerte. Quien no accede –y nunca se accederá a ese objeto–, no tiene lugar en el mundo. En la medida en que el Superyo ejerza una mayor presión sobre el sujeto para refuncionalizarlo en la sociedad y sus patrones, la pulsión de muerte del propio sujeto reaccionará con la misma fuerza por encima o por debajo de cualquier elaboración o destino de la propia pulsión. No es gratuito que, luego de haber perdido su lugar ritual en el mundo moderno, la violencia se extienda y diversifique a la totalidad del tejido social. El vertiginoso aumento de suicidios tiene que ver, tangencialmente, con ello.

Partamos también del sentido primigenio de *subjectum* como estar sujeto a y que hoy parece tocar su fin: sujeto como límite y como lazo. De alguna manera nuestra sociedad es una sociedad incontinente, invertebrada, diría Ortega y Gasset, en la que somos incapaces de sostener y sostenernos en el otro. Si hoy todo es posible es gracias a que la técnica y el capital han roto con ese conjunto de envolturas por las cuales nos constituíamos en hombres; por un lado, la industrialización de la muerte en Auschwitz; por el otro, la

© **Emilio Salceda,** 2015.

pauperización alarmante de millones de seres humanos en todo el mundo, su exclusión y, junto a ello, la transformación del conjunto de mecanismos que, mal o bien, habían regulado la relación entre sexualidad, amor y muerte, y cuyo espacio de escritura es el cuerpo, al menos desde la mitología judeo-cristiana, el mundo griego, hasta el término de la Segunda Guerra Mundial. De lo que hoy somos testigos es de una radical transformación de esos mecanismos regulatorios cuyos efectos todavía no alcanzamos a ver. ¿Estamos ya en el umbral de un nuevo orden poshumano? No tengo respuesta, pero tal vez, nuestros suicidas, sí.

Para finalizar: desde el suicidio "por nada" de Pavese, hasta el de "la barca del amor se ha estrellado contra ese muro diario" de Maiakovski, o el escéptico suicidio de Esenin, "morir en esta vida no es nuevo, pero tampoco es nuevo vivir", el suicidio multiplica sus rostros, se hace irreductible a las generalizaciones, se refracta a un ejercicio clínico universal, masivo. Desde la sociología, y con el admirable rigor que caracterizó su obra, Durkheim fue el primero en mostrarnos esa multiplicación y la compleja trama que subyace al suicidio. Sin embargo, no hay suicidas; hay, en cada caso, un suicida. Hasta ahora, nos hemos concentrado –y casi siempre sobre la base de un peligroso empirismo– en la descripción del suicidio como un fenómeno que pertenece fundamentalmente a la trama de la conducta individual. Por supuesto no estoy sugiriendo que nos desplacemos al ámbito puramente sociológico, sino, en lo fundamental, al problema de la transformación de la subjetividad en el mundo contemporáneo y, desde ahí, empezar a pensar, con seriedad, la relación médico-paciente en el mundo tecnológico, y los límites que ese mismo mundo impone a la relación, poniendo en su centro, otra vez, el único instrumento que, pese a sus huecos, sus fallas –las palabras son redes, dice Octavio Paz–, nos hace verdaderamente humanos: las palabras.

Juan Carlos Canales Fernández
Facultad de Filosofía y Letras
BUAP
jcanales.ffyl.buap@gmail.com

© **Emilio Salceda,** 2014.

www.elementos.buap.mx

Cien **años** de la TEORÍA de la RELATIVIDAD **GENERAL**

Entrevista al doctor Gerardo Torres del Castillo

Leopoldo **Noyola**

En 1931 Albert Einstein y Charlie Chaplin se reunieron con motivo del estreno de la película *Luces de la Ciudad*. El breve intercambio de palabras fue captado para la historia: "Lo que he admirado siempre de usted es que su arte es universal; todo el mundo le comprende y le admira", expresó Einstein al cineasta. Chaplin respondió: "Lo suyo es mucho más digno de respeto; todo el mundo le admira y prácticamente nadie le comprende". ¿Si la ley de la gravedad de Newton puede ser explicada con manzanas por qué la Teoría de la Relatividad General de Einstein resulta tan difícil de comprender?

En noviembre de 2015 se cumplieron cien años de la presentación de la Teoría de la Relatividad General en la Sociedad Prusiana de la Ciencia. Habían pasado casi diez años desde que Einstein la concibió pero en el intermedio hubo muchos asuntos que le impidieron presentarla formalmente.

¿Qué fue lo que propició en la ciencia europea esta revelación que cuestionaba la inamovible teoría de la gravedad de Newton? Se dice que la Teoría de la Relatividad es uno de los grandes logros de la historia de la humanidad, pero no se acaba de comprender cómo es que cambia para siempre la forma que tenemos de entender el tiempo y el espacio: a simple vista vemos seres humanos en los que nada parece haber cambiado; más aún, perviven fundamentalismos arcaicos y costumbres demasiado antiguas que anteceden a Newton. Y la teoría de la relatividad permanece ajena a todo ello.

Nos acercamos a la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la BUAP con la intención de desvelar algunas de las grandes lagunas que existen en los simples mortales a propósito de la centenaria teoría. Caímos en blandito cuando uno de los contados especialistas nos concedió una entrevista sin miramientos a un titubeante cuestionario que logré elaborar tras grandes sacrificios mentales.

Gerardo Torres del Castillo, egresado de la Escuela de Ciencias Físico Matemáticas de la BUAP, obtuvo su doctorado en física en el Instituto Politécnico Nacional y realizó una estancia posdoctoral en la Universidad de Oxford, becado por el gobierno británico; en 1991 recibió la Medalla Académica otorgada por la Sociedad Mexicana de Física. Su campo es la Física Matemática, particularmente la Relatividad General.

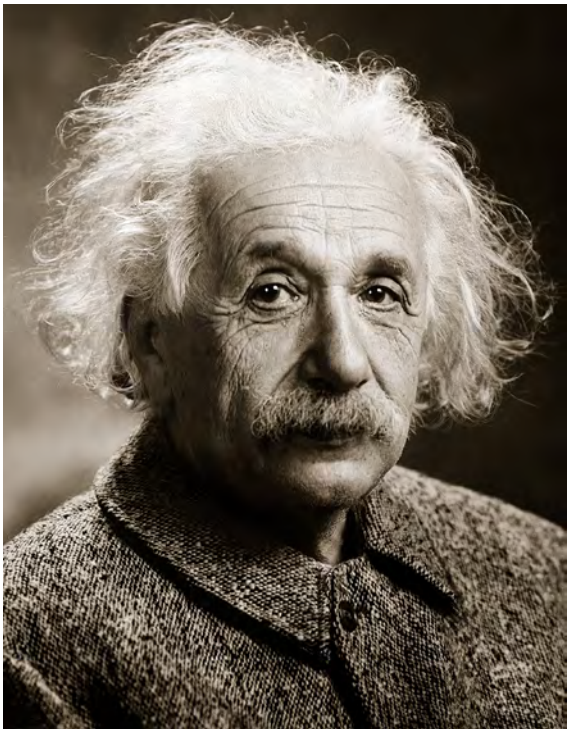
A los ojos del público común, la Teoría de la Relatividad General (TRG) sigue siendo lo suficientemente compleja para entenderla, sin embargo ha incidido a lo largo de esos cien años en más de una forma de mirar y comprender el mundo. ¿Cuál es la importancia de la TRG en la física moderna, qué es lo que puede decirse sobre ella hoy en día?

La importancia de la Teoría de la Relatividad General en la física moderna es variada. Primero que nada la teoría de la relatividad general es, básicamente, una teoría acerca de la gravitación. Es decir, cuando Einstein estableció la teoría especial en 1905 se dio cuenta de que en esa descripción no incluía al campo gravitacional y entonces él y otros investigadores de la época se dieron a la tarea de buscar una teoría que viniera a sustituir a la de Newton, que por cierto funcionaba (y funciona) bastante bien. De hecho, en esa época se tenía una confianza total en las predicciones de las teorías de Newton, pero estas no tomaban en cuenta la unidad de espacio-tiempo que se deduce de la relatividad especial. Esta nueva teoría no fue concebida porque la teoría gravitacional de Newton tuviera defectos; es decir, en la física ocurre que las teorías tienen un cierto dominio de aplicación y hay situaciones en que no funcionan bien, y es ahí entonces donde hay que buscar una nueva teoría que explique ese fenómeno que la antigua teoría no cubre. Entonces, aunque no había mayores problemas con la teoría de Newton, la única limitación o inconveniente era que no tomaba en cuenta la unidad de espacio y tiempo.

¿En qué consistía esa debilidad en la teoría de Newton?

Cuando Einstein terminó su teoría en noviembre de 1915, algo que le había convencido de que estaba en el camino correcto era la posibilidad de explicar el único

© **Oren Jack Turner,** Albert Einstein, Princeton, N.J., 1947.



detalle que la teoría de Newton no era capaz de explicar. El punto es este: Mercurio tiene un movimiento que no se explica con la teoría de Newton; al observar el movimiento de Mercurio se descubrió, más o menos desde 1840, que no correspondía a lo que decía la teoría de Newton; tomando en cuenta los planetas conocidos, había un movimiento que no encajaba perfectamente en la teoría, lo que llevó a la suposición de que existía más cerca del Sol algún otro planeta que producía esas perturbaciones, pero no se encontró ninguno. Entonces esa duda quedaba como una mancha; la única, prácticamente, en la teoría de Newton: un movimiento que no se explicaba. Eso fue lo que Einstein quería dilucidar. Tuvo, pues, dos motivaciones: su esperanza era que una nueva teoría sí fuera capaz de, primero, tomar en cuenta la unidad espacio-tiempo y, segundo, explicar este fenómeno que no era entendible en Newton.

¿Cómo entender la unidad espacio-tiempo?

Lo que nos revela la TRG es que el espacio y el tiempo no son algo rígido, como se suponía hasta 1907, sino que el espacio-tiempo es algo flexible, la materia influye sobre el espacio-tiempo y le produce curvatura. La presencia de la materia deforma al espacio y el tiempo y, a su vez, esas deformaciones determinan cómo se mueven los objetos en el espacio, como marchan los relojes, y entonces hay aquí una interrelación entre la materia y el espacio-tiempo. Eso es un resultado conceptualmente importante porque hasta antes de que se estableciera esta teoría se tenía la idea de que el tiempo y el espacio eran cosas separadas y rígidas; entonces, el resultado es que no hay tal rigidez sino que hay esta ligera maleabilidad del espacio-tiempo.

¿Ligera?

Ligera, porque en condiciones normales estamos hablando de masas como la de un planeta, como la Tierra, e inclusive de una estrella como el Sol, que es 330 mil veces más pesado que la Tierra, donde las deformaciones que producen por el espacio y el tiempo son mínimas, de tal manera que en la mayoría de las circunstancias esa curvatura no es algo importante, observable, medible. Es muy raro que uno tenga que tomar en cuenta esas deformaciones del espacio y del tiempo, solamente en casos muy extremos, como el caso de los satélites de GPS. Ahí sí se necesita tomar en cuenta la relatividad general, pero a nivel de nuestro entorno podemos seguir pensando que el tiempo y el espacio son prácticamente algo rígido. Es decir, la deformación que produce la Tierra, a pesar de los 5,900 trillones de toneladas que tiene de masa, produce una curvatura que para casi cualquier propósito es insignificante. Pero aunque sea muy pequeña, el hecho de que exista, de que haya una posibilidad de que el espacio y el tiempo se distorsionen, es lo que tiene una importancia grande como concepto. Pero si estamos pensando en lanzar una sonda espacial a Plutón, ahí la mecánica de Newton funciona casi perfectamente, no se necesita la relatividad, ni siquiera la especial, ni la general; es decir, sus efectos son muy muy pequeños, y normalmente no los notaríamos.

Explíquenos más la relación de la Relatividad con el GPS

El problema del GPS (problema entre comillas), es que ahí se necesita medir el tiempo con una enorme precisión, porque de no ser así no podríamos determinar la posición en la superficie terrestre con la precisión que interesa. Es decir, si no se tomara en cuenta el hecho de que aquí en el suelo el tiempo no trascurre con la misma velocidad que a 100 kilómetros de altura, esa diferencia, aunque sea de millonésimas de segundo –o menos–, produciría errores de muchos metros en la determinación de la posición, por lo que es necesario aplicar ahí la TRG. La gente lo usa aunque no esté muy consciente de ese hecho.

O mejor: aunque esté completamente inconsciente...

Lo mismo pasa con una computadora o con un teléfono celular, uno está utilizando circuitos integrados cuyo funcionamiento requieren de la física cuántica, pero uno no necesita saberlo. Con saber marcar un número es suficiente.

¿Por qué tarda Einstein diez años en presentar su teoría?

Bueno, la razón es que eso que podríamos llamar el periodo de gestación de la TRG fue un periodo de intenso trabajo en el que la vida personal de Einstein no estaba pasando por una época sencilla como para poder dedicarse enteramente a estos temas; es decir, tuvo un rompimiento de su primer matrimonio y cosas así, se gesta también la Primera Guerra Mundial y ciertamente situaciones que no eran las más adecuadas para este trabajo. Hubo varios detalles, pues, acontecimientos o circunstancias que hicieron que el tiempo para llegar a esta teoría final fuera relativamente largo. Además, Einstein estaba casi solo en este esfuerzo, a diferencia de lo que ocurrió con la relatividad especial.

¿Qué tan solo estaba Einstein en esta etapa del desarrollo de su teoría?

En el caso de la relatividad general eran relativamente pocos los físicos de esa época que estaban interesados en el tema; bueno, como decía antes, el hecho de que la teoría de Newton funcionaba y sigue funcionando suficientemente bien para la mayoría de los propósitos, tampoco hacía ver a una nueva teoría como algo sumamente importante. A diferencia de lo que ocurrió, por ejemplo, con la física cuántica. La física cuántica atrajo la atención de muchísimos físicos, más o menos en ese periodo –entre 1900 y 1925–, cuando se desarrolló la mecánica cuántica. Entonces, la gente estaba ocupada en otros temas que parecían mucho más claramente definidos, en los que sí se veía un problema muy importante a atacar; en cambio, la gravitación, pues, no parecía tan relevante y Einstein era prácticamente el único que se había dedicado a buscar esta nueva teoría. Uno de los factores que también dificultó su desarrollo fue que en esta nueva teoría se requiere de un tipo de formalismo matemático que en las demás teorías de la física no es necesario, entonces ese fue un punto importante.

¿El formalismo matemático serían matemáticas más elaboradas?

Algo así. Por ejemplo, en el caso de la física cuántica, aunque fueron nuevos los conceptos que se tuvieron que introducir, se pudo reutilizar prácticamente la misma matemática de los siglos anteriores, sin cambios relevantes; cambiaron nada más los conceptos porque las matemáticas eran prácticamente las mismas. Diferente al caso de la relatividad general, al tener que hablar de un espacio-tiempo que está deformado, que además es curvo, requiere del uso de lo que se conoce en matemáticas como geometría riemanniana (por Bernhard Riemann, 1826-1866); es una herramienta que no se empleaba en la física; o sea, los físicos no tenían necesidad y, por lo mismo, antecedentes de su manejo. Entonces Einstein mismo tuvo que aprender sobre la marcha esos conocimientos que los matemáticos habían estado desarrollando desde la segunda mitad del siglo XIX, para eso contó con la ayuda de un excompañero de estudios, Marcel Grossmann, y poco a poco fue aprendiendo el lenguaje matemático, al mismo tiempo que desarrollando los conceptos físicos que eran necesarios. Entonces esos factores pueden explicarnos el prolongado periodo de elaboración. Primero, no había mucho interés en el tema; segundo, no había gran cantidad de observaciones que pudieran servir de guía para establecer la teoría. Diferente a lo que ocurrió con la mecánica cuántica, en ella había observaciones desde principios del siglo XIX que todavía a principios del XX no tenían explicación, entonces ahí había muchos datos experimentales que sirvieron de guía para establecer la nueva teoría. En cambio, en el caso gravitacional, solamente había un efecto que la teoría de Newton no explicaba y ya, no había más observaciones que pudieran servir de guía.

¿Cuándo termina esa soledad?, ¿en qué momento la atención del mundo se vuelca hacia Einstein y lo convierte en un científico universal?

Aquí es donde entra ese famoso eclipse de Sol de 1919, bastante cerca de 1915, cuando estableció finalmente la teoría; el mismo Einstein había sugerido que se buscara por parte de los astrónomos la desviación de la luz en un eclipse solar; era la forma más sencilla de demostrarlo en ese momento. Entonces fue algo que se aprovechó y, de hecho, fue lo que le dio fama mundial a Einstein, puesto que antes de fines de 1919 Einstein era

desconocido para el público en general. En 1919 se observó directamente el hecho de que la luz, cuando pasa cerca de un objeto masivo, se desvía. Era importante hacerlo durante un eclipse total de Sol porque la masa del Sol es la más grande del sistema solar, es ahí donde se pueden producir efectos más fácilmente observables, a pesar de lo cual tampoco resulta fácil, sobre todo con la tecnología de la época. Hoy en día, gracias a los telescopios en tierra y los espaciales, se puede observar todos los días el hecho de que la luz se desvía cuando pasa cerca de masas grandes en el espacio; es un hecho cotidiano que cuando observamos galaxias distantes se tiene ese efecto, es una herramienta que los astrónomos emplean en sus observaciones. Pero en 1919 ni siquiera se reconocía el hecho de que las galaxias eran objetos distantes, o sea, efectivamente el conocimiento astronómico era bastante limitado en esa época; el *Big Bang* no era una teoría completamente aceptada.

Aun cuando la comprobación sobre la desviación de la luz estelar fue posible en 1919, esta teoría entra tardíamente a la corriente de la física teórica y la astrofísica desarrolladas entre 1960 y 1975, llamada "la edad de oro de la relatividad general", cuando se comprende el concepto de agujero negro, se identifican objetos como los cuásares y, en general, se hacen pruebas que confirman el poder predictivo de la teoría.

A partir de los años sesenta se contó con diferentes herramientas para observaciones en las que se requiere precisamente de esta Teoría de la Relatividad General y muchas de estas cosas pues, simplemente, no eran necesidades que existieran hace cien años. En el caso de los cuásares, por ejemplo, estamos hablando de objetos que fueron descubiertos por los astrónomos en los años sesenta y que precisamente representaban un reto al conocimiento de ese momento, hasta que a alguien se le ocurrió relacionar a estos objetos –que son objetos extremadamente brillantes y distantes de la tierra– con los agujeros negros, entonces ahí siguió la necesidad de utilizar resultados de la Relatividad General para explicar las observaciones que apenas en los años sesenta se estaban obteniendo. En el caso de los cuásares estamos hablando de algo que los astrónomos habían observado sin saber de qué se trataba, eran simplemente objetos muy brillantes, muy distantes; en el caso de los agujeros negros la situación es un tanto diferente, porque no es algo que los astrónomos hubieran observado primero e identificaran como un agujero negro para buscar después una explicación; más bien, utilizando diferentes fenómenos, se dieron cuenta que el concepto de agujero negro podría servir para ciertas explicaciones; fue un resultado de las matemáticas y de la física nuclear; es decir, tan pronto como se establecieron las ecuaciones de la Relatividad General hace cien años, hubo otro investigador de apellido Schwarzschild que encontró una solución de las ecuaciones de Einstein en donde precisamente las matemáticas dan como resultado la posibilidad de los agujeros negros, pero en ese momento los conocimientos de la astrofísica, de la física nuclear, no eran lo suficientemente finos como para pensar en la posibilidad de que eso que las matemáticas mostraban existiera realmente en el universo. Pasaron muchos años para que se buscaran en el cielo, a través de la astronomía, esas manifestaciones en forma concreta. Digo que es curioso porque las bases teóricas existían desde 1940, pero hubieron de pasar veinte años para que se dieran cuenta de que muchos fenómenos podían ser explicados con la idea del agujero negro.

¿Cien años después, cuál es la condición de la Teoría de la Relatividad General?

En la situación actual hay dos puntos que preocuparían en relación con la Teoría de la Relatividad General, uno es que la TRG establece, "predice" la existencia de ondas gravitacionales, y desde los años cincuenta, precisamente en ese auge que hubo, algunos físicos comenzaron a tratar de detectar esas ondas gravitacionales; la idea, *grosso modo*, es que si hay una explosión estelar o un choque de galaxias o entre estrellas, eso produciría ondas gravitacionales que de alguna manera podrían ser observadas a la distancia que nos encontramos de esos fenómenos; debe de ser algo sumamente difícil de observar y prácticamente desde aquellos años algunos físicos han estado interesados en desarrollar métodos para observar esas ondas. Entonces, en los últimos años se ha estado haciendo un esfuerzo muy

Albert y Elsa Einstein en Japón, Noviembre-Diciembre 1922.

grande, utilizando la luz de un láser para tratar de medir vibraciones mucho menores que el tamaño de un núcleo atómico, estamos hablando de una millonésima de una millonésima de centímetro, o sea que son cosas pequeñísimas que se quieren medir, y tal parece que la única vía que tenemos en la actualidad es utilizar láseres para medir estas pequeñas ondulaciones.

¿Con qué se mide, con el colisionador de hadrones?

No, es un aparato diferente al colisionador de hadrones, consiste básicamente en tubos muy largos de varios kilómetros de longitud, rectos –a diferencia del LHC que es circular–, donde se hacen vacíos casi perfectos; en los extremos del tubo se ponen espejos para que la luz pueda ir y venir sin problema, sin interferencia de aire y cosas así, con la intención de que si llega una onda gravitacional a la Tierra eso produzca algo así como encogimientos y estiramientos del espacio; pero como dije, de tamaño menor de una millonésima de millonésima de centímetro, que se pudieran notar gracias a la interferencia de la luz en esos tubos. Hasta ahora no han tenido éxito este tipo de experimentos. Hay dos de estos aparatos en Estados Unidos, en el estado de Washington, otro en Luisiana, pero hay más en otras partes del mundo, en Francia, Alemania, Japón, Australia, donde se persigue más o menos la misma idea con la misma técnica. Como los resultados no han sido positivos existe el proyecto en desarrollo de hacer algo similar en el espacio, que en lugar de utilizar tubos de varios kilómetros de longitud en la superficie terrestre, use espejos en órbita utilizando distancias de millones de kilómetros; entonces ya hay un avance considerable en varios lugares del mundo, en Inglaterra en particular, donde se están fabricando partes de este instrumento que consistiría de varios satélites con separaciones mucho más grandes que las de la Tierra, con la esperanza de dar evidencias de que esas ondas gravitacionales efectivamente existen. Ese es quizá el único punto en donde tenemos una predicción de la teoría que no ha sido confirmada directamente en las observaciones. Aunque hay ciertas observaciones astronómicas que indirectamente se

pueden explicar pensando que hay ondas gravitacionales, pero lo que se busca es una evidencia directa que a la larga pudiera convertirse en algún nuevo elemento para estudiar el universo, algo parecido a lo que ocurre en la medicina con los rayos X, la tomografía, el ultrasonido, son diferentes técnicas que se utilizan para ver el interior del cuerpo humano, así mismo a los astrónomos les gustaría tener no solamente radiotelescopios o telescopios ópticos, sino un nuevo tipo de telescopio en que se utilizaran las ondas gravitacionales, pues eso sería algo así como un elemento extra de diagnóstico para estudiar el universo.

¿Hay algún pendiente en la TRG?

La Relatividad General tiene en su haber este problema, digamos, entre comillas, pendiente, el hecho de que hay una predicción concreta que no se ha verificado experimentalmente, eso es un tanto preocupante e interesante también, porque si llegara el momento en que los físicos se convencieran de que tal efecto no existe, entonces eso iniciaría nuevamente una búsqueda parecida a la que Einstein inició hace cien años. Tendríamos que buscar una teoría en la que no hubiera ondas gravitacionales, pero todo lo demás sí se pudiera explicar. El otro punto tiene que ver con la física cuántica. Es decir, la teoría de la gravitación de Einstein es una teoría que emplea solamente conceptos clásicos, entendiendo clásicos como no cuánticos. Y aunque no tenemos ninguna evidencia experimental, existe la creencia de que, en el fondo, la naturaleza es algo cuántico. Entonces ese solo hecho es lo que ha llevado a que muchísima gente en las últimas décadas busque una nueva teoría de la gravitación que incorpore a la física cuántica. Es más o menos parecido a lo que motivó a Einstein hace 110 años; o sea, él simplemente estaba consciente de que la teoría de la gravitación de Newton no tomaba en cuenta la unidad espacio-tiempo y eso le llevó a suponer que tenía que desarrollarse una teoría diferente; ahora estamos en esa misma situación, tenemos una teoría, que es la de la Relatividad General, y como defecto se le puede señalar que no tomó en cuenta a la física cuántica. Entonces, aunque no tengamos ninguna evidencia experimental que nos diga que la gravitación tiene alguna relación con la física cuántica, creemos que así debe de ser. Eso ha motivado que desde hace mucho tiempo, desde los años cuarenta o algo así, la gente haya estado buscando la manera de, como se dice, cuantizar la relatividad; es decir, proponer una teoría cuántica en que se explique o se trate el campo gravitacional, y hasta ahora no ha habido un éxito convincente. Hay gente que está desarrollando ciertas ideas, que quizá esté convencida que es el camino correcto, pero por lo menos la comunidad en general no está a ese nivel. En esa búsqueda se han desarrollado ideas como las supercuerdas y otras teorías que están de moda precisamente con ese tipo de propósito, el de establecer una teoría más fundamental sobre la materia, pues aunque se puede decir que hoy se entiende ya bastante bien cuáles son las interacciones de las partículas elementales, como no está incluida la gravitación, se ve como un defecto. Entonces hay esperanzas de que algunas nuevas teorías que se han venido desarrollando pudieran lograr lo que se llama Teoría de la Unificación. Y eso es parte del trabajo actual, lo que la gente está buscando, una especie de repetición de lo que ocurrió hace cien años. Lo que guía a muchos es esta idea de que todos los fenómenos en el fondo tienen que ser procesos cuánticos, aunque no tengamos ninguna evidencia experimental, hay ahí una especie de principio o más bien de fe... o algo así. Pero sin que tengamos una base más firme. Y aquí la única base firme es la experimentación, lo que pone a prueba a cualquier teoría física es el experimento. Si no tenemos experimentos que digan “la gravedad requiere de la física cuántica”, la búsqueda es un tanto a ciegas. En el caso de Einstein había una sola observación que lo guió. Aquí yo diría que no tenemos ninguna, eso hace más difícil la búsqueda. Una diferencia es que Einstein estaba prácticamente solo en su búsqueda, mientras que en el caso de estas nuevas teorías estamos hablando de cientos de físicos investigando durante décadas.

Muchas gracias.

Leopoldo Noyola
Antropólogo
Revista Elementos
polo.noyola@gmail.com

© **Emilio Salceda,** 2008.

www.elementos.buap.mx

Desempleo JUVENIL y **matrícula** universitaria en **MÉXICO**

¿Transición al desarrollo o esquizofrenia

Eduardo **Loría**
Gustavo **Segura**

¿De qué sirve cultivar nuestro talento?
La oportunidad nos fue negada.
Aun sin iniciar... ¡Estamos acabados!
(Expresión juvenil de indignación)

En México el desempleo de jóvenes (14-29 años), particularmente entre los profesionistas de sectores de ingresos medios, duplica al desempleo total. Al mismo tiempo, las autoridades educativas muestran una obsesión por centrar la política de educación superior en incrementar exponencialmente la cobertura universitaria, muchas veces en sacrificio de la calidad académica. Esto inevitablemente contribuye a que se preserven altos índices de inactividad laboral en dicho grupo poblacional, incurriéndose en un círculo vicioso que

tiende a elevar la presión social. A tal contradicción le hemos considerado un estado de esquizofrenia.

No hay nada que desafíe más al pensamiento que la realidad misma, cuando los hechos contradicen e invalidan nuestros mejores paradigmas. La confianza en los modelos, sus interpretaciones y las visiones endurecidas del mundo sugieren objetivos y valores perdurables, sin embargo, estos tarde o temprano tienden a colapsarse ante la necedad de cuanto nos acontece.

Toda realidad social experimenta constantemente cambios, la mayoría imperceptibles para los actores involucrados. Ante la dinámica social, la conciencia y los paradigmas instaurados inevitablemente avanzan siempre con rezagos. Tal disparidad, en el ámbito de la acción pública, suele traducirse en un abandono de las circunstancias sociales, lo cual conduce a la formulación y ejecución de políticas que terminan agravando los problemas que pretenden resolver. En específico, nos referimos a aquellas visiones obsesionadas, alejadas y contrarias al mundo real que derivan en un estado de esquizofrenia[1] y ruptura con la realidad inmediata. Perspectivas desde las cuales la teoría implícita se sujeta estrictamente a sus fundamentos y por tal motivo son incapaces de dar cuenta de aquello que encuentra frente a sí.

Para atender toda crisis que agobia a la sociedad actual, resulta necesario partir de los hechos implicados en su desarrollo. Al respecto seleccionamos un ejemplo extraído del contexto mexicano vinculado al creciente desempleo de los jóvenes profesionistas de los sectores medios y el empeño de las autoridades educativas por incrementar exponencialmente la matrícula de los estudios superiores sin deparar objetivamente en los criterios de pertinencia y calidad. Esta aparente contradicción ha originado –y muy probablemente lo seguirá haciendo en el futuro– altos índices de desempleo y frustración; fenómenos que tienden a elevar aún más la presión social que actualmente prevalece en el país (Márquez, 2013).

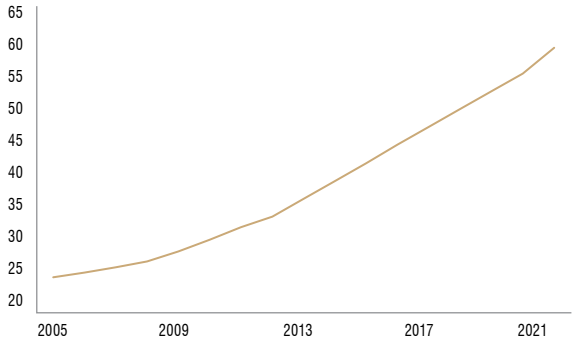
En lo que va del siglo XXI y en respuesta a las demandas acumuladas por la sociedad mexicana, gran parte de la preocupación de las autoridades educativas se ha centrado en: a) ampliar la cobertura universitaria, b) mejorar la retención escolar y, c) elevar el índice de egreso del nivel superior. En general, el argumento oficial subraya el propósito de incrementar la oferta de trabajadores altamente calificados que requiere la nación para fortalecer su desarrollo. De acuerdo a Piketty (2014)

> en la práctica, la oferta de calificaciones depende en particular del estado del sistema educativo; cuántas personas pudieron tener acceso a tal o cual carrera, qué calidad tiene esa formación educativa y en qué medida esta fue completada con experiencias profesionales adecuadas.

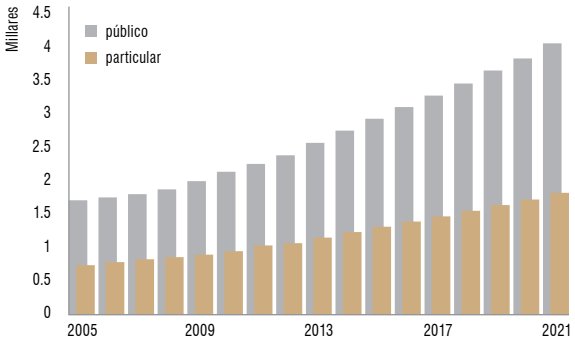
Tal aseveración nos lleva a cuestionar una política de cobertura educativa ajena a los criterios de pertinencia social, con baja calidad de los estudios superiores y que además contribuye a elevar las tasas de desempleo profesional en varias áreas disciplinarias. En torno a ello, llama la atención el hecho que los gobiernos federal y estatales mantengan sus esfuerzos concentrados en políticas públicas destinadas a incrementar la matrícula del nivel superior (licenciatura) a sabiendas que no existirán opciones suficientes de empleo para la mayoría de los egresados.

Esta directriz gubernamental implica tan solo una respuesta inmediatista frente a la presión social vinculada con el sector educativo, más aún cuando la dinámica de la tasa de ocupación en México ha resultado escasa en las últimas décadas como resultado del lento crecimiento de la economía a partir de 1982. En efecto, entre los años 1950 y 1982 el PIB nacional creció al 6.6% anual, y desde 1982 tan sólo lo ha hecho en 2.37%, mientras el empleo lo ha hecho en 1.73% y la PEA en 2.6% (Aupart, 2015).

En la hipótesis de formar más profesionales y con ello incrementar el desempleo "ilustrado", la tesis contraria no necesariamente resulta correcta, dado que reducir o mantener baja la cobertura de los estudios superiores no significa que el panorama laboral para los futuros profesionistas y el país pudiera resultar mejor. El dilema, por tanto, radica en la discusión en torno a qué acciones gubernamentales representan efectivamente un paso hacia el desarrollo y cómo encontrar alguna solución a la crisis ocupacional que se vive actualmente, no solo en México, sino en buena



Gráfica 1. México: Tasa Bruta de Cobertura de Educación Superior. Histórica y tendencial 2005-2021. Fuente: Mendoza (2012).



Gráfica 2. México: Matrícula de licenciatura escolarizada por régimen, 2005-2021. Histórica y tendencial (Miles de alumnos). Fuente: Mendoza (2012).

parte del mundo, como resultado de la caída secular del crecimiento económico y del avance tecnológico que eleva la productividad y responde a un mercado globalizado y competitivo (Rifkin, 2004).

Los datos oficiales indican que en la última década el fenómeno del desempleo profesional juvenil se ha traducido en un problema relevante para prácticamente todas las naciones (OIT, varios años y ONU, 2012), llegando a formar parte sustancial de la agenda del G-20. El debate suscitado en torno a ello ha puesto sobre la mesa la siguiente interrogante: ¿los países desarrollados lo son debido a que en el pasado lograron altas tasas de profesionalización o su grado de desarrollo fue el factor crucial que les permitió ampliar la cobertura de los estudios superiores?

En torno al problema que nos ocupa y para su desarrollo expositivo, en este trabajo lo hemos separado en tres partes. En el primer apartado se analiza la evolución de la cobertura educativa superior en México. El segundo presenta los hechos estilizados del desempleo juvenil en el mundo y en México. En el tercer apartado se introducen elementos que permiten comprender la naturaleza del problema y finalmente se ponderan los resultados principales y se señalan algunas vertientes de discusión.

I. COBERTURA DE LOS ESTUDIOS SUPERIORES EN MÉXICO

La Tasa Bruta de Cobertura Educativa de Estudios Superiores (TBCES) expresa la relación entre la matrícula total y el grupo de edad de 19 a 23 años. Este indicador tradicionalmente suele ser empleado como punto de partida en los estudios cohorte propios del nivel educativo (Taborga, 1993). Con base en los registros oficiales, entre 1997 y 2012 en México se advierte una duplicación de la TBCES, la cual pasó de 17.1 a 32.8%. En torno a la política de expansión de los estudios superiores, existe el compromiso del actual gobierno federal por lograr, en 2018, una TBCES del 40%, cifra un tanto menor a la estimada por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). Véase Gráfica 1.

El crecimiento de la cobertura educativa en el país presenta grandes disparidades regionales. En entidades como Chiapas, Quintana Roo, Oaxaca, Guanajuato y Guerrero la TBCES resulta menor al 20%, a diferencia de Nuevo León, Sinaloa y Sonora que registran más del 40% y el Distrito Federal mayor al 70% (Mendoza, 2012).

Con el propósito de establecer un criterio orientador en torno a la cobertura educativa Trow (1974) considera una TBCES de 0-15% como de élite, de 15-30% de *minorías*, de 30-50% de *masas*, entre 50-85% *universal* y más de 85% *absoluta*. Cabe señalar que no únicamente los países desarrollados presentan coberturas *universales* y *absolutas*, también ocurre en países en vías de desarrollo como Argentina, Chile y Uruguay (Rama, 2009).

De cumplirse el compromiso establecido por el gobierno federal, en unos cuantos años México transitará de una cobertura de *masas* a una *universal*. En el esfuerzo por ampliar la TBCES no únicamente el sector público desempeñará un papel relevante, también contribuirá al objetivo un número importante de

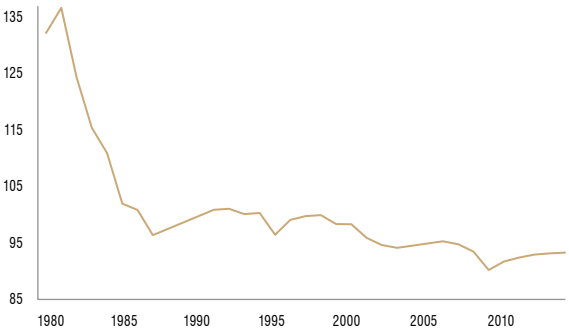
instituciones particulares. Por tanto, la oferta educativa en su conjunto enfrentará el reto de garantizar una calidad suficiente y homogénea, lo cual resultará imposible de garantizar en la medida que buena parte de las instituciones, como hasta hoy acontece, permanezcan alejadas de los criterios de evaluación externa y los perfiles de sus egresados no correspondan con las demandas del mercado laboral.

De forma reiterada, los argumentos que hasta hoy validan el propósito de ampliar la TBCES se apoyan en visiones humanistas y perspectivas democráticas que consideran a la educación escolarizada tanto un bien social como un derecho humano universal irrenunciable.[2] Estas tradiciones respaldan también las medidas adoptadas oficialmente en México a partir de octubre del 2011.

Más allá de los beneficios que una educación de calidad puede aportar a la vida de los individuos como al desarrollo de la nación, en las condiciones económicas actuales resulta ineludible cuestionar si la cobertura absoluta del bachillerato obligatorio deba incidir en igual magnitud a nivel de los estudios superiores. En efecto, la imagen de una sociedad conformada totalmente por profesionales plantea una utopía contraria a las premisas implícitas en *La República* de Platón, y las pedagogías sistémicas y socio-laborales de N. Petujov y H. Dedering, que consideran a los ciudadanos como sujetos depositarios de vocaciones y cualidades laborales, diferenciales susceptibles de ser aprovechadas convenientemente por la división social del trabajo (Coronel, 2011).

Aunque la presencia de los exámenes nacionales[3] en México ha venido regulando el ingreso de los jóvenes a los estudios profesionales a cargo del sector público, los jóvenes rechazados, quienes actualmente representan la mayoría de los solicitantes, reclaman –individual y masivamente– su derecho a profesionalizarse, presuponiendo que gracias a ello lograrán ascender en la pirámide social, sin imaginar que, ante la nueva realidad laboral del país, muy probablemente al egresar verán frustradas tales expectativas (Raphael, 2014).

Los distintos niveles de gobierno y organismos afines han asumido como premisa –por lo menos desde



Gráfica 3. México: Productividad total de los factores 1980-2014. Fuente: INEGI (2013). Datos actualizados (proyectados a 2014) utilizando un procedimiento ARIMA (1, 3, 1).

hace diez años– que la política educativa deba ampliar la cobertura del nivel superior por tratarse de un indicador representativo del desarrollo nacional vinculado con la formación del capital humano requerido por los sectores productivos, el avance de la equidad de género y la empleabilidad a lo largo de su vida (OEA, 2011). Sin embargo, la cobertura educativa –por sí misma– no garantiza un nivel estándar de conocimientos y aptitudes laborales. Al respecto, algunos estudios recientes muestran que el 70% de los candidatos a emplearse no cuenta con los conocimientos necesarios que les requiere el puesto de trabajo (CIDAC, 2014).

Por otro lado, y en contra de la fuerte hipótesis que sustenta la teoría moderna del crecimiento económico endógeno,[4] en México mientras la cobertura educativa crece incesantemente, la productividad total de los factores[5] decrece tendencialmente desde 1982, motivo por el cual no parece existir una relación directa y menos aún positiva que fortalezca la hipótesis del capital humano.

En cuanto a la composición nacional de profesionales, desde el año 2000 la proporción entre matrícula universitaria y tecnológica en México mantiene una relación de dos a uno, mientras que los países avanzados muestran una relación inversa y más acorde con sus estructuras productivas (UNESCO, 2012).

Desde la cotidianeidad, las familias mexicanas continúan apoyando las iniciativas educativas, prefiriendo sobre el conjunto de opciones disciplinarias la formación universitaria de sus hijos por considerarla, desde su imaginario, la mejor alternativa de ingresos, ascensos, prestigio social (SITEAL, 2009) y con menores posibilidades de desempleo (Acevedo *et al*, 2008). Por este

motivo, el 76% de los jóvenes, de entre 12 y 29 años en México, aspira a llegar a los estudios de licenciatura (SEDESOL, 2010). Ser profesionista, para la mayoría, confiere una identidad de realización personal ("ser alguien en la vida"); contrario a ello, las condiciones actuales del mercado laboral dificultan a los jóvenes su ingreso al ejercicio profesional de forma exitosa,[6] bien sea por los escasos puestos de trabajo disponibles o bien por los bajos salarios que se ofrecen a quienes carecen de las competencias específicas requeridas. Esta difícil realidad propicia, no sólo después de concluir los estudios respectivos, sino incluso antes de iniciarlos, que los jóvenes de menores recursos económicos se cuestionen el costo de oportunidad implicado en una carrera profesional, motivo por el cual muchos estudiantes comienzan a trabajar a edades tempranas llegando a postergar de manera temporal o definitiva sus estudios. Además, quienes no están dispuestos a vivir con carencias económicas en el corto plazo serán propensos a vincularse a actividades delictivas que sean generadoras de ingresos rápidos y altos (Monroy, 2013).

Así como las instituciones de educación superior, por sus fines sociales, no pueden ceñirse exclusivamente al propósito de incrementar la empleabilidad de sus egresados, tampoco pueden ignorar el hecho que cada programa de profesionalización inscribe a cada estudiante en un campo específico de trabajo, el cual se encuentra inmerso en una dinámica económica que le confiere sentido. Por este motivo, la educación formal no puede omitir los procesos y circunstancias que determinan las actividades laborales propias de cada época y contexto (Segura, 2010). En torno a ello, varios organismos internacionales (UNESCO, 1999b y OCDE, 2001) han venido recomendando a las naciones alentar una educación a lo largo de la vida bajo una perspectiva social que permita hacer de la ciencia y de la educación motores fundamentales del progreso económico. La propuesta, sin duda, exige considerar como fundamento de toda política pública educativa los criterios de pertinencia y correspondencia entre las demandas de la estructura económica y los procesos profesionalizantes acordes a cada región y país.

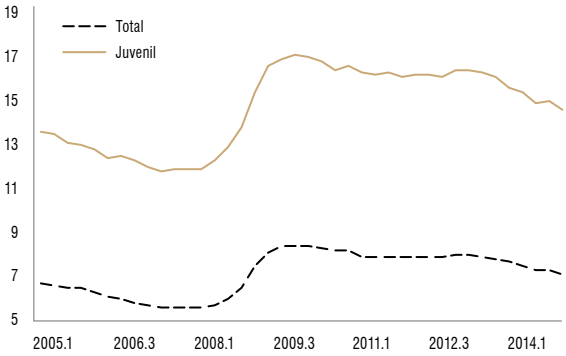
Con base en lo hasta aquí expuesto, podemos afirmar que el gobierno mexicano ha venido impulsando, con apoyo de las instituciones de educación superior, el incremento de la matrícula universitaria sin haber considerado objetivamente las necesidades del mercado laboral y los condicionamientos del paradigma tecnológico que ha desplegado el mercado global. Ello tiene repercusión en mayores tasas de desempleo profesional que terminan afectando las expectativas de aquellos jóvenes que ingresan a la educación superior.

Es así que el sistema de educación superior en México se ha orientado a generar una creciente oferta de trabajo "calificada" no requerida (demandada) por el sistema económico, y que por resultar abundante será aprovechada parcialmente por las empresas a menor costo, o bien en actividades que no necesariamente corresponden con el perfil de los estudios realizados. Tal situación de empleo finalmente resultará contraria a las expectativas de los jóvenes y sus familias. El escenario al que nos conduce el comportamiento inercial del sector educativo replica en primer lugar las condiciones de trabajo "no decente"[7] y, en segundo, de subempleo como opción laboral. Aparecen, por tanto, soluciones de empleo precipitadas que abonan a situaciones subóptimas que provocarán menor productividad, mayor frustración social y diversos efectos perturbadores sobre la economía en su conjunto.

II. EL DESEMPLEO DE LOS JÓVENES

La OIT (2013) señala que existen en el mundo más de 73 millones de jóvenes desempleados (12.6% del total), y se espera que en las próximas décadas la cifra continúe incrementándose. Por tanto, la creación de empleos para jóvenes se ha convertido no solo en un reto de las políticas públicas, sino también de las acciones de estabilidad social y gobernabilidad en todo el mundo.

Ante este escenario, al menos desde 2009, el G-20 ha recomendado a los países miembros aplicar políticas orientadas a incrementar las oportunidades de empleo de calidad para los jóvenes y, con ello, evitar la pérdida de confianza en la economía global.[8] En la gráfica 4 se observa que, por lo menos desde hace más de una década, la tasa de desempleo de los jóvenes de 15 a 29 años de edad duplica la tasa global y no ha cambiado después de la crisis económica mundial del 2008-2009.



Gráfica 4. Tasa de desempleo juvenil y total en la OCDE, 2002-2015. Fuente: OCDE (2015).

Durante 2012 la ONU llevó a cabo un estudio a jóvenes de diferentes países, observando como principales obstáculos para su empleabilidad: a) la falta de experiencia, que a su vez se relaciona con: b) insuficiente calificación y por ende con baja productividad y remuneración, la cual no responde con las expectativas tanto de empleadores como de trabajadores; y c) alta vulnerabilidad laboral que se manifiesta en alta facilidad de contratación y despido.[9]

El reporte de la ONU dedicó un apartado a dar voz a los jóvenes desempleados de varios países desarrollados y de diferentes estratos sociales. Entre sus conclusiones se destaca que el principal problema en la búsqueda de empleos radica en que a mayor nivel de estudios, el ya mencionado desajuste (*mismatch*) entre educación y demandas del mercado laboral, se hace más evidente. En general, a los jóvenes con estudios profesionales les resulta más difícil encontrar empleo debido a que habitualmente encuentran puestos de trabajo con bajas remuneraciones que no corresponden a su nivel de calificación.

Otro estudio internacional de seguimiento de egresados (Proflex 2010), concluye que la situación de desempleo profesional ha venido incrementándose significativamente en algunas disciplinas, siendo en México las áreas disciplinares más afectadas: ciencias (27%), humanidades (15.4%) y ciencias sociales (15.1%).

Con base en lo anterior, podemos afirmar que en países en vías de desarrollo muchos jóvenes con alta educación en su incursión al mercado laboral enfrentan también el problema de "sobre calificación", tal como acontece en el mundo desarrollado, pero acompañado de una dudosa calidad y pertinencia de los estudios realizados. Al respecto, el balance de resultados obtenidos a partir del EGEL (2015),[10] revela que 46% de los profesionales tiene un nivel académico insatisfactorio. Ello anticipa –de cierta manera– que sus competencias no corresponderán con las demandas del mercado laboral. Con ello persiste un proceso de desajuste (*mismatch*) entre oferta y demanda de trabajo calificado que afecta a miles de jóvenes profesionistas.

A nivel continental, según estimaciones de la OIT (2013), América Latina ha logrado disminuir ligeramente su tasa de desempleo juvenil, pasando del 13.5% en 2008 a 12% en 2012. Sin embargo, de un aproximado de 108 millones de jóvenes latinoamericanos; existen aún en la región 21.8 millones de jóvenes sin trabajo ni escuela (NEET).[11]

De acuerdo con cifras oficiales, en México, entre 2003.1 y 2008.4 el desempleo abierto total promedio fue de 3.7%. Como consecuencia de la *gran recesión* el indicador creció notablemente y desde 2009.1 promedia 5.4%, llegando a su nivel más alto en 2009.3 con 6.27%.

Al desagregar la tasa por grupos de edad y haciendo uso de la información de la ENOE (2015) se observa al desempleo juvenil (15-24 años) con altos niveles y también con mayor inestabilidad en relación al conjunto. Véase gráfica 5.

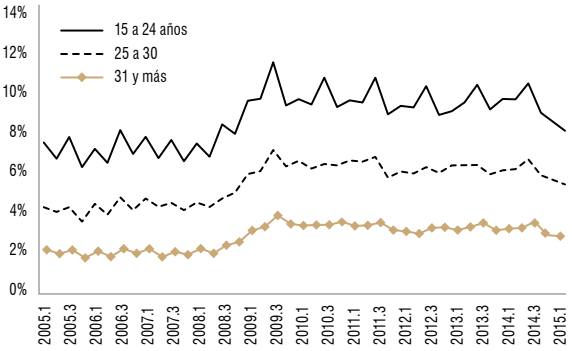
El fenómeno del desempleo juvenil en México se agrava a nivel regional. De acuerdo con el INEGI (julio de 2014), las entidades con mayor tasa de desempleo juvenil abierto fueron: Tabasco (14.1%), Distrito Federal (12.52%), Tamaulipas (12.1%), Tlaxcala (11.14%), Sonora (10.88%), Guanajuato (10.76%), Chihuahua (10.70%), Estado de México (9.61%), Aguascalientes (9.56%) y Nuevo León (9.55%). En torno a ello cabe destacar que en el Distrito Federal, Sonora y Nuevo León son también entidades con altas tasas de cobertura educativa.

De acuerdo con las cifras que aporta el Informe de Competencias Profesionales en Iberoamérica (Inide, 2015), el 70% de los egresados universitarios tiene dificultades para integrarse al mercado laboral. El estudio señala que 73% de los egresados tardan 1 mes aproximadamente en colocarse en un empleo, y 51% de ellos logran obtener una plaza de tiempo completo no siempre vinculada con los estudios realizados. El mismo

estudio muestra que 19% de los profesionales permanecen desempleados a pesar de su búsqueda laboral.

Ante una situación que ha venido agravándose, la OIT (2013) advierte el riesgo de que un alto porcentaje de jóvenes desempleados se retire voluntariamente del mercado laboral debido a la frustración que provoca la dificultad de conseguir un empleo acorde con su formación profesional y más aún cuando los solicitantes aspiran a un empleo "decente".

Si añadimos al panorama de los jóvenes profesionistas el fenómeno de la informalidad, se configura un escenario lastimoso y adverso que reitera el círculo vicioso de pobreza y escasez de oportunidades, que resulta imposible de resolver aplicando una política "esquizofrénica" circunscrita prioritaria o únicamente a promover la ampliación de las matrículas universitarias. Por tanto, de continuar únicamente con esta medida solo habrá de incrementarse la probabilidad, para quienes estudien una profesión sin opción de ingresos y empleos decentes, de terminar dedicándose a otras actividades asociadas al subempleo e, incluso, en algunos casos con la delincuencia (Ramírez, 2005). Considérese además que el mercado laboral en México tiende a mantener la coexistencia de los sectores formal e informal, resultando el segundo el mayor generador de trabajo para personas de bajos recursos (Rubio, 2006).[13]



Gráfica 5. México: Tasas de desempleo por grupos de edad, 2005.1-2015.1.[12]
Fuente: ENOE (2015).

III. ALGUNOS CONCEPTOS EXPLICATIVOS

Elizondo (2014) afirma que por lo menos en México los jóvenes con estudios profesionales se enfrentarán al mundo laboral con una educación sobrevaluada. Sin embargo, la orientación educativa no ha sido ajustada a las necesidades del mercado laboral, y la calidad educativa –a los ojos de los empleadores– resulta insuficiente. Actualmente, solo 30% de los egresados tiene las competencias y conocimientos necesarios requeridos por el mercado laboral (CIDAC, 2014).

El desajuste que propicia una formación profesional apartada de los requerimientos que definen los mercados laborales origina también frustración en las familias. Al respecto, Arias *et al* (2010) señalan que el entorno familiar juega un papel relevante en la formación (desarrollo/carencia) de habilidades de los jóvenes. La escolaridad de los padres influye notablemente y configura tanto un estilo de vida como un modo de crianza (Ramírez, 2005). En el caso específico de México continúan apareciendo bajos rendimientos (tasas de retorno) de la educación, lo cual contribuye a una baja productividad de la fuerza de trabajo y reitera el desajuste entre sistema educativo y aparato productivo.

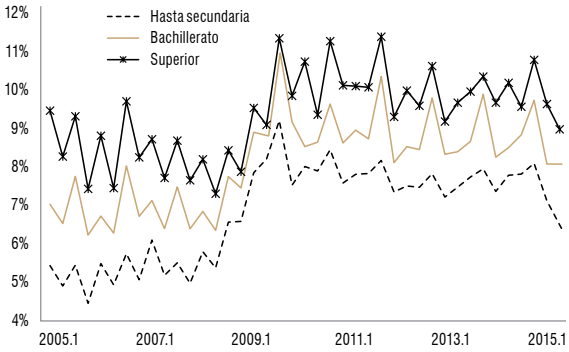
Mientras el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 destaca como argumento central que:

> [...] la buena calidad de las instituciones es condición para la preparación de profesionistas y emprendedores con alto sentido de la responsabilidad y compromiso, capaces de hacer frente a la diversidad de requerimientos sociales y productivos del país [...]

el escenario que deriva de las políticas educativas resulta distante. Una de las principales consecuencias de una educación no alineada con la realidad del mercado laboral es la depreciación de los salarios entre profesionistas. Actualmente el 38% de los jóvenes universitarios perciben remuneraciones menores a los 5,600 pesos mensuales (US $360).[14]

En el mismo sentido resulta paradójico que los niveles más altos de desempleo de los jóvenes (15-29) correspondan al grupo con mayor escolaridad. Véase gráfica 6.

En torno a la relación nivel de estudios y salarios, Arias *et al* (2010) apuntan que, aunque en México se ha aumentado la escolaridad y el gasto en educación,[15] la productividad factorial ha caído dramáticamente.[16]



Gráfica 6. México: Porcentaje del desempleo juvenil por nivel de instrucción, 2005.1-2015.1. Fuente: Cálculos propios basados en ENOE (2015).

En respuesta, uno de los instrumentos fundamentales que el actual gobierno federal (2013-2018) ha trazado para elevar la productividad total factorial radica en incrementar la inversión en capital humano. El planteamiento requiere necesariamente "...profundizar la vinculación entre el sector educativo y el productivo, alentar la revisión permanente de la oferta educativa y de promover la formación técnica media superior y superior como una alternativa terminal para una rápida integración a las actividades productivas" (PND, 2013).

Hasta ahora el incremento de la cobertura educativa y los años de escolaridad no han elevado la rentabilidad social (productividad factorial total), ni personal de la educación y sí, en cambio, han incrementado el salario de reserva.[17] Esta situación explica por qué los jóvenes que tienen menor posición socio-económica son también quienes reportan las menores tasas de desempleo, debido a su *mismatch* de menor magnitud. Véase gráfica 7.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

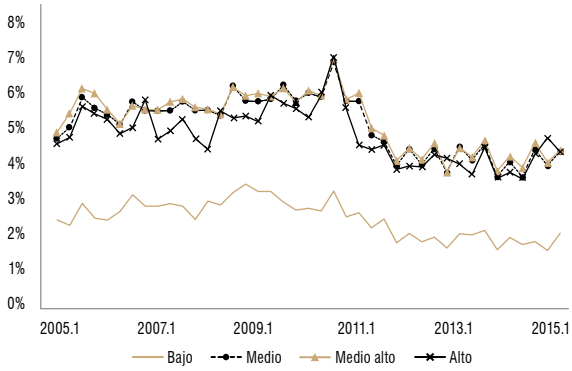
Al poner en tela de juicio la acción gubernamental de tipo inercial que postula la cobertura universal de la educación superior en México como una de las vías principales al desarrollo, advertimos que la política de expansión de la matrícula universitaria, sostenida por los gobiernos federal y estatales, sin llegar a resolver los asuntos de fondo de pertinencia y calidad de los estudios profesionales, únicamente incrementa el desempleo de los jóvenes dado el comportamiento del mercado laboral en la economía global. Esta visión, que consideramos esquizofrénica, sostiene una política educativa que, sin ofrecer resultados notables, ha llevado a desaprovechar los recursos públicos y relegar el talento y el potencial de trabajo de nuestra juventud.

Desde principios del milenio, aun antes de la recesión de 2001-2003 y de la *gran recesión* (2008 en adelante) en países de la OCDE, se había observado que la tasa de desempleo juvenil duplicaba la cifra total. Viollaz (*op. cit.*) ya refería que tal relación era del triple desde principios de los años ochenta para diez países latinoamericanos. Las cifras muestran que los grupos de 15 a 24 años y de 25 a 30 años de edad han tenido mayores problemas para insertarse apropiadamente en las actividades económicas. Ello sugiere que el sistema educativo, en particular el nivel superior, ha sido incapaz de crear las orientaciones y habilidades laborales pertinentes que contribuyan a cerrar el *mismatch* o desajuste entre educación superior y demanda laboral.

De mantenerse la actual política educativa que favorece el incremento de la cobertura universitaria, sin tomar en cuenta los requerimientos concretos de la economía nacional, inevitablemente se conducirá al país a una relación desacertada e ineficaz entre cuadros de profesionistas y cuadros técnicos, situación que habrá de complicar aún más el escenario actual de carreras saturadas, titulados desempleados y baja productividad.

El desempleo juvenil y profesional ya acumulado, aunado a que la cohorte 19-23 años habrá de incrementarse en algunas entidades de México,[18] provocará que la situación nacional resulte por demás crítica en

Gráfica 7. México: Tasa de desempleo juvenil por estrato social, 2005.1-2015.1. Fuente: Cálculos propios basados en ENOE (2015).



varias regiones y centros urbanos. Por si fuera poco, las nuevas generaciones que logren emplearse no contribuirán a incrementar la productividad debido a la falta de las habilidades y conocimientos requeridos por los sectores económicos más dinámicos. Todo ello, de mantenerse sin cambios, significará una generación de profesionales incapaces de impulsar la economía y resolver los rezagos del desarrollo nacional. El escenario tendencial terminaría ampliando la brecha entre bajos salarios de mercado y altos salarios de reserva, lo cual anticipa mayores tasas de desempleo juvenil.

Situados en un esquema por demás contradictorio, donde los perfiles profesionales que aportan las universidades no corresponden con los requerimientos del mercado laboral, la fuerza de trabajo que aportan los jóvenes no incrementará las cadenas de valor que requiere el país. En estas condiciones, la política educativa orientada a incrementar la matrícula del nivel superior, no solo no habrá de resolver los problemas del desarrollo social y económico del país sino que, por el contrario, contribuirá a profundizarlos.

En las actuales condiciones de creciente subempleo y sobreoferta de profesionales la educación superior, debemos admitirlo, ha dejado de ser para la mayoría de los jóvenes un medio de ascenso y movilidad social como lo fue en el siglo pasado. Por este motivo, el pago de colegiaturas, sobre todo para quienes hacen uso del subsistema particular, corre el riego de traducirse en un gasto infructuoso para las familias.[19]

Las instituciones de educación superior, aun cuando no son responsables de la generación de puestos de trabajo, obligan a quienes las dirigen y financian a no ignorar las condiciones que prevalecen en la economía nacional y menos aún en los mercados de trabajo. A esta falta de congruencia entre lo que se piensa y lo que acontece le hemos dado en llamar esquizofrenia, un mal que se origina en las instituciones y afecta a toda la sociedad, una condición anómala que nos ha situado bajo un falsa expectativa del desarrollo nacional y que debe llevarnos, en el mejor de los escenarios, a revisar tanto el modelo económico como la política educativa que prevalecen en el país. Por todo lo expuesto, se requiere emprender un proceso de recuperación y toma de conciencia ciudadana que evite el continuar habitando los castillos y parajes que, de manera ilusa en torno al incremento de la cobertura educativa, hemos construido en el aire.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo del proyecto “México: crecimiento, ciclos y precarización laboral, 1980-2020”. PAPIT IN-302514, DGAPA, UNAM y la valiosa asistencia técnica de Iván Ramírez y de Emmanuel Salas. Asimismo, agradecemos los valiosos comentarios y críticas de los dictaminadores de la revista que contribuyeron a mejorar sustancialmente el trabajo. Sin embargo, los autores son los únicos responsables de lo que aquí se dice o se omite.

ANEXO METODOLÓGICO

Debido a que no existe una publicación de las series de desempleo juvenil, desempleo por grado educativo y por estrato social, se estimaron desde los microdatos de la ENOE, cuya publicación es trimestral, a partir del año 2005 hasta el primer trimestre de 2015.

Los microdatos son bases de datos que condensan la información de los cuestionarios aplicados a los hogares. A partir de esa base es posible filtrar la información específica para nuestro estudio.

De la muestra original, los resultados se restringen a la población económicamente activa cuya edad está entre 15 a 65 años.

Sobre este resultado, se aplicaron las siguientes restricciones. La primera se realizó por edad para clasificar en 4 estratos: de 15 a 24 años, 25 a 29, 15 a 29 y finalmente de 30 a 65.

El primer estrato corresponde a la población juvenil. De éste se extrae la población que presente desempleo abierto[20] y se realiza el cociente entre los desempleados “abiertos” y la población económicamente activa (PEA), para obtener la tasa de desempleo. Con el segundo, tercer y cuarto estratos se hizo lo mismo que en la muestra juvenil.

La segunda clasificación corresponde a la población entre 15 a 29 años, y de este nuevo universo se hizo una nueva sub clasificación que comprende 4

estratos educativos: hasta educación secundaria, bachillerato o equivalente, profesional y posgrado. Las 4 nuevas clasificaciones permiten calcular las tasas de desempleo correspondientes.

Este procedimiento se debe realizar en cada una de las 41 encuestas que posee la ENOE. Es importante asociar a los desempleados filtrados con su universo correspondiente, de otra manera las tasas de desempleo calculadas carecen de sentido.

NOTAS

[1] Se define a la esquizofrenia como un trastorno mental crónico que altera la percepción de la realidad y del cual deriva una conducta desatinada, alejada de metas precisas (OMS, 2015).

[2] El artículo 26 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos advierte que el acceso a los estudios superiores debe reconocer: los méritos, la capacidad, los esfuerzos, la perseverancia y la determinación de los aspirantes de cualquier edad (UNESCO, 1999a).

[3] Los exámenes aplicados son responsabilidad del Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (CENEVAL).

[4] Al respecto, puede consultarse textos de macroeconomía o de crecimiento económico que sustentan esta importante hipótesis. Por ejemplo, el clásico texto de Barro y Sala-i-Martin (2004).

[5] Este concepto resulta crucial en la explicación del crecimiento económico cuya tasa refiere al progreso tecnológico o tasa de mejora de la tecnología que actúa en la producción de bienes y servicios, Dornbusch et al (2002: 47). En la teoría económica convencional esta variable es la única capaz de explicar el crecimiento y el desarrollo de largo plazo y está altamente vinculada a la evolución del capital humano.

[6] Entendiendo por ello empleos bien remunerados y/o que estén directamente relacionados con la elección escolar.

[7] De acuerdo con la OIT (2015) el trabajo "decente" resume las aspiraciones de la gente durante su vida laboral, ello implica "contar con oportunidades de un trabajo productivo que genere un ingreso digno, seguridad en el trabajo, protección social, mejores perspectivas de desarrollo personal y de integración a la sociedad.

[8] Con ello se destaca la pertinencia de los estudios profesionales a fin de "empatar" la calificación del trabajo con las demandas del mercado.

[9] Ello explica por qué los jóvenes buscan oportunidades de empleo en el mercado informal. Al respecto Viollaz (2014: 57) señala que "la tasa de informalidad (...) siempre ha sido superior entre los jóvenes, con una diferencia promedio respecto de los adultos de 20 puntos porcentuales".

[10] EGEL=Examen General de Egreso de Licenciatura.

[11] NEET: not in employment, education or training (SEU, 1999). En México se les identifica como NiNis (Ni trabajan, Ni estudian). El acrónimo aplica a jóvenes desocupados y apartados del sistema educativo.

[12] Véase anexo metodológico para la construcción de las tasas de desempleo que aquí se presenta. Todas las series (microdatos) se construyen con base en información de la ENOE (2015).

[13] El tema, por su complejidad y relevancia, rebasa el objetivo del presente artículo.

[14] Que equivalen a casi 3 salarios mínimos. Microdatos ENOE (2015).

[15] México invierte alrededor del 6% del PIB en educación, cifra congruente con los países de la OCDE.

[16] De acuerdo con el modelo KLEMS de INEGI, la productividad total factorial en México ha caído en promedio anual en 0.39% entre 1990 y 2011. Véanse PND (2013) y gráfica 3.

[17] El salario de reserva es un concepto elaborado desde las familias que corresponde a la remuneración mínima que puede ofrecer el mercado para que la gente esté dispuesta a emplearse. Suele ocurrir que a mayor educación el salario de reserva se incrementa debido a que los egresados se consideran más calificados y, por ello, tratan de recuperar el costo de oportunidad de haber estudiado, Heat y Swan (1999).

[18] De acuerdo con las proyecciones demográficas 2010-2050 del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2014) la demanda potencial de estudios superiores continuará incrementándose en las entidades de Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Morelos, Querétaro y Tlaxcala hasta el año 2016; Chihuahua y Coahuila hasta 2017; Quintana Roo hasta 2018 y Baja California Sur y Norte hasta 2019.

[19] El pago de colegiaturas por estudios superiores en México presenta variaciones significativas. Por ejemplo, la Universidad Iberoamericana actualmente requiere un pago de más de 100 mil pesos por semestre, la Universidad la Salle 70 mil pesos, la Universidad del Valle de México 30 mil pesos y las más baratas no menos de 15 mil pesos (Milenio, 2014).

[20] Son las personas de 12 y más años que sin estar ocupadas en la semana de referencia, buscaron incorporarse a alguna actividad económica en el mes previo a la semana de levantamiento, o entre uno y dos meses, aun cuando no lo haya buscado en el último mes por causas ligadas al mercado de trabajo, pero que estén dispuestas a incorporarse de inmediato (INEGI, 2015).

BIBLIOGRAFÍA

[1] Acevedo S, Zuluaga F y Jaramillo A (2008). Determinantes de la demanda por educación superior en Colombia, Colombia. *Revista de Economía del Rosario* 11(1).

[2] ANUIES (2006). *Consolidación y avance de la educación superior en México*. México.

[3] ANUIES (1990-2012). *Anuarios de información y estadística*. *Población escolar*. México.

[4] ANUIES (2012). *Inclusión con responsabilidad social. Secretaría General Ejecutiva*. México.

[5] Arias J, Azuara O, Bernal P, Heckman J y Villarreal C(2010). *Policies to promote growth and economic efficiency in Mexico (No. w16554)*. National Bureau of Economic Research.

[6] Aupart M (2015). *Crecimiento económico, informalidad y desempleo en México, 2000.2-2013.2. Un cambio estructural*. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de licenciatura. México.

[7] Barro RJ & Sala-i-Martin X (2004). *Economic Growth*. Second Ed. McGraw-Hill. USA.

[8] CIDAC (2014). *Encuesta de competencias profesionales ¿Qué buscan –y no encuentran– las empresas en los profesionistas jóvenes? 2014*. Centro de Investigación para el Desarrollo A. C. México.

[9] Consejo Nacional de Población, CONAPO (2014). *Proyecciones de la población 2010-2050*. http://www.conapo.gob.mx/ES/CONAPO/PROYECCIONES.

[10] Coronel F (2011). Reflexiones pedagógicas para el desarrollo de la educación en el trabajo productivo, Bolivia. *Revista Integra Educativa*.

[11] Dornbusch R, Fischer T y Startz R (2002). *Macroeconomía*. Octava Edición. Mc Graw Hill. España.

[12] EGEL (2015). *Informe anual de resultados EGEL*. http://www.ceneval.edu.mx/ceneval-web/content.do?page=9021.

[13] Elizondo C (2014). *Educar para la mediocridad*. Excélsior. 28 de febrero de 2014. http://www.excelsior.com.mx/opinion/carlos-elizondo-mayer-serra/2014/02/27/945954#.Uw-ZX _ itwcE.twitter.

[14] ENOE (2015). *Encuesta interactiva de datos*. Varios años. http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/consulta.asp?p=17606&c=10819&s=est&cl=4.

© **Emilio Salceda,** 2015.

[15] Heath A and Swann T (1999). *Reservation wages and the duration of unemployment.* http://www-ho.rba.gov.au/publications/rdp/1999/pdf/rdp1999-02.pdf.

[16] INEGI (2012). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo* (ENOE). http://www.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabtema.aspx?s=est&c=28822.

[17] INEGI (2013). *Sistema de Cuentas Nacionales de México: Productividad Total de los Factores, 1990-2011*. http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/derivada/cuentas/bienes%20y%20servicios/produc_total/product_total_90_11/PTF_SCNM.pdf.

[18] INEGI (2014). *Indicadores oportunos de ocupación y empleo, cifras preliminares durante julio de 2014.* Boletín de prensa. http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/ocupbol.pdf.

[19] Instituto de Investigaciones para el Desarrollo de la Educación, INIDE (2015). *Informe de Competencias Profesionales en Preuniversitarios y Universitarios de Iberoamérica*. http://www.universia.net/wp-content/uploads/EstudioCompetencias13.pdf.

[20] Márquez H. (2013). *La hora del desastre: descomposición social e indignación en México*. Observatorio del Desarrollo Vol. 2. México.

[21] Mendoza, J. (2012). *Cobertura de educación superior en México*. Seminario de Educación Superior. UNAM, México.

[22] Milenio (2014). *¿Cuánto cuestan las prepas y universidades privadas?* Grupo Milenio. Cd. De México. 01/08/2014. México.

[23] Monroy, J. (2013). *Jóvenes, el sector más expuesto al crimen.* El Economista 25 de diciembre 2013. México.

[24] OEA (2011). *Avance de la igualdad de género en el marco del trabajo decente*. Canadian International Development Agency. Comisión Interamericana de Mujeres. Canadá.

[25] OCDE (2001). *Aspectos económicos y financieros del aprendizaje a lo largo de la vida*. Francia. www.OCDE.org/bookshop.

[26] OCDE (2011). *Tendencias Mundiales de Empleo 2011.* Ginebra.

[27] OCDE (2013). *Economic Outlook*. Preliminary Version.

[28] OCDE (2013). *Economic Outlook*. Preliminary Version.

[29] OCDE (2013). *Tendencias Mundiales del empleo juvenil 2013. Una generación en Peligro*. Ginebra.

[30] OCDE (2015). http://stats.OCDE.org/index.aspx?queryid=36324#.

[31] OIT (2011). *Tendencias Mundiales de Empleo 2011.* Ginebra.

[32] OIT (2012). *Tendencias Mundiales de Empleo 2012*. Ginebra.

[33] OIT (2013). *Tendencias Mundiales del empleo juvenil 2013. Una generación en Peligro*. Ginebra.

[34] OIT (2015). *Trabajo decente*. http://www.ilo.org/global/topics/decent-work/lang--es/index.htm.

[35] OMS (2015). *Organización Mundial de la Salud*. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs397/es/.

[36] ONU (2012). *World Youth Report*. http://unworldyouthreport.org/media/pdfs/WYR2012_SummaryReport_EN.pdf [Sept. 1st, 2012].

[37] Piketty T (2014). *El capital en el siglo XXI*. Ed. Siglo XXI. México.

[38] Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (2013). *Programa para democratizar la productividad 2013-2018*. México.

[39] Proflex (2010). *El profesional flexible en la sociedad del conocimiento*. Universidad Politécnica de Valencia. España.

© **Emilio Salceda,** 2015.

[40] Rama C (2009). La tendencia a la masificación de la cobertura de la educación superior en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación*. Brasil.

[41] Ramírez M (2005). Padres y desarrollo de los hijos. *Estudios Pedagógicos* 31(2). Valdivia. España.

[42] Raphael, R. (2014). *Mirreynato; La otra desigualdad*. Ed. Temas de hoy. México.

[43] Rifkin J (2004). *El fin del trabajo*. Ed. Paidós. España.

[44] Rubio J (2006). *La política educativa y la educación superior en México, 1995-2006: un balance*. Ed. FCE. México.

[45] SEDESOL (2010). Encuesta Nacional de Juventud. Imjuve. México.

[46] Segura G (2010). *Globalización y pertinencia social en la universidad pública mexicana*. Tesis doctoral. ELCPAPO. México.

[47] SEU (1999). Bridging the gap: new opportunities for 16-18 year olds not in education, employment or training. Informe. UK.

[48] SITEAL (2009). El transito del nivel medio superior al superior y el acceso diferenciado a carreras terciarias y universitarias. OEI-UNESCO. Argentina.

[49] Taborga H (1993). *Elementos para la evaluación del sistema de educación superior en México*, México.

[50] Trow M (1974). *Problems in the Transition from Elite to Mass Higher Education*. OCDE (comp.), Policies for Higher Education. General Report on the Conference on Future Structures of Post-Secondary Education. OCDE, Francia.

[51] UNESCO (1999a). Declaración Universal de los Derechos Humanos. ONU. Resolución. Francia.

[52] UNESCO (1999b). La educación superior en el siglo XXI: visión y acción. Informe final de la Conferencia Mundial sobre Educación Superior. Francia.

[53] UNESCO (2012). Transformar la EFTP; forjar competencias para el trabajo y la vida. Tercer congreso internacional sobre educación y formación técnica y profesional. China.

[54] Viollaz M (2014). Transición de la escuela al trabajo. Tres décadas de evidencia para América Latina. *Revista de la Cepal* 112.

Eduardo Loría
Centro de Modelística y Pronósticos Económicos
Facultad de Economía
UNAM

Gustavo Segura
Facultad de Planeación Urbana y Regional
Universidad Autónoma del Estado de México

www.elementos.buap.mx

Los **ACTINOMICETOS** y su aplicación **biotecnológica**

Evangelina Esmeralda **Quiñones-Aguilar**
Zahaed **Evangelista-Martínez**
Gabriel **Rincón-Enríquez**

Al inicio de las lluvias el olor a "tierra mojada" es típico de los actinomicetos, microorganismos que por su morfología, a simple vista en medios de cultivo, suelen ser confundidos con hongos, dado que comparten características típicas de este grupo; sin embargo, los actinomicetos son bacterias. Los actinomicetos son cosmopolitas, están distribuidos en los ecosistemas naturales en todo el mundo y juegan un papel importante en el reciclaje de la materia orgánica, dicho grupo microbiano ha recibido considerable atención de las industrias farmacéutica y alimentaria, en la biorremediación y últimamente en la agricultura, debido a que son fuente importante de sustancias con actividad biológica de gran utilidad para el hombre. Los actinomicetos han jugado un papel importante en el desarrollo de la biotecnología, con impactos

Figura 1. Placa Petri con crecimiento de aislados de actinomicetos que exhiben una variación en la coloración y forma de la colonia bacteriana y en la liberación de colorantes que tiñen al medio de cultivo de distinto color. Estas diferencias entre cepas contribuyen a altas tasas de variabilidad de los actinomicetos presentes en la naturaleza como por ejemplo en el suelo.

positivos en distintos ámbitos; desde la medicina, la industria y hasta la agricultura. En este trabajo se hace una revisión del papel de los actinomicetos en la agricultura y en la medicina. Uno de los retos de la ciencia y la tecnología es y ha sido producir alimentos y cada vez con menos empleo de compuestos químicos potencialmente contaminantes como los pesticidas. Una alternativa es el empleo de la biotecnología, y particularmente de los actinomicetos.

Tambien en medicina y veterinaria se requiere de nuevos antibióticos activos contra microorganismos patógenos resistentes. Los grupos microbianos más prolíficos, en cuanto a la producción de antibióticos, han sido los actinomicetos y hongos filamentosos; sin embargo, históricamente, los actinomicetos han producido la mayoría de los antibióticos existentes.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ACTINOMICETOS

Los rasgos morfológicos que presentan las bacterias unicelulares y los hongos filamentosos han permitido diferenciarlos y separarlos claramente en dos grandes grupos. Sin embargo, un "grupo de transición", los actinomicetos, puede ser considerado como la excepción a la regla. Los rasgos distintivos por los cuales durante algún tiempo se les consideró como miembros del grupo de los hongos filamentosos fueron: a) la similitud en su forma de crecer y desarrollarse, b) formación de un filamento denominado hifas con extensas ramificaciones (micelio), c) muchos de ellos forman micelio aéreo y esporas, y d) su crecimiento en cultivo líquido raramente presenta la turbidez asociada con las bacterias unicelulares, sino que durante el crecimiento se forman filamentos, grumos o esferas de micelio. No obstante lo anterior, los filamentos de los actinomicetos son mucho más delgados que aquellos formados por los hongos. Cabe mencionar que no todos los actinomicetos comparten estas características, por ejemplo, algunos géneros como *Mycobacterium* y *Corynebacterium* no producen micelio aéreo.

La forma y ornamentación de las esporas es diversa, así como la manera en que se agrupan, siendo este criterio empleado para subdividir e identificar algunos grupos de actinomicetos. Un aspecto relacionado con el desarrollo de las esporas es la producción y excreción de metabolitos secundarios bioactivos que pueden ser de varios colores y que se observan como pequeñas secreciones en forma de gotitas sobre la colonia microbiana (Figura 1). Del filo *Actinobacteria*, los actinomicetos son el grupo con más especies descritas, además de ser un grupo de importancia para el hombre debido a las aplicaciones biotecnológicas que representa (Tabla 1).

Históricamente los actinomicetos han sido descritos como microorganismos que habitan en el suelo, pero actualmente se conoce que están ampliamente distribuidos en ambientes acuáticos como océanos, ríos y lagos, donde también se encuentran asociados a los sedimentos, sobre todo en el material orgánico que está en proceso de descomposición. En el suelo, el tamaño y número de la comunidad de actinomicetos depende de diversos factores, principalmente de las características físicas y químicas como pueden ser la textura, humedad, pH y contenido de materia orgánica. Cuando se aíslan actinomicetos del suelo mediante medios de cultivo sólidos, el género predominante suele ser *Streptomyces*, con el 70 al 90% de las colonias, seguido por *Nocardia* con 10 a 30%, y el tercero puede ser *Micromonospora* que constituye del 1 al 15% de actinomicetos.

Con relación a sus hábitos de vida se puede mencionar que estos microorganismos son generalmente saprófitos y participan activamente en la mineralización de la materia orgánica. Aunque se conocen pocas

Utilización	Ejemplo de compuestos	Actinomiceto involucrado
Antibiótica: inhibición y eliminación de bacterias que causan enfermedades (infecciones)	Estreptomicina Marinomicinas Vancomicina Rifampicina	*Streptomyces griseus* *Marinispora* sp *Streptomyces orientalis* *Streptomyces mediterranei*
Antifúngica: inhibición del crecimiento de hongos patógenos	Anfotericina B	*Streptomyces nodosus*
Anticáncer, antitumoral: inhibidor de proteosomas, fármaco de quimioterapia anticanceroso u inhibidor de enzimas cinasas	Salinosporamida A	*Salinis poratropica* *Streptomyces lavendulae* *Streptomyces* sp
Antinflamatoria: reduce la inflamación de los tejidos	Salinamidas A y B	*Streptomyces* sp
Antiparasítica: acaricida y antihelmíntico	Avermectinas	*Streptomyces avermitilis*
Antimalaria: presenta efectos antiproliferativos	Trioxacarcina	*Streptomyces* sp
Pigmentos: uso como colorantes en alimentos	Carotenoides	*Streptomyces* sp
Agrícola: biofertilizantes	Formulaciones agrícolas	*Streptomyces* sp
Agrícola: biofungicida	Formulaciones agrícolas	*Streptomyces lydicus*
Acuacultura: utilizado para controlar en-fermedades en peces	Probióticos	*Streptomyces* sp
Enzimático: aplicaciones en las industrias de los alimentos, bebidas, fermentaciones, uso terapéutico, procesamiento de la pulpa de papel, elaboración de detergentes, tratamiento de desechos agroindustriales y del procesamiento de camarón, entre otras	Amilasas, Proteasas, Celulasas, Quitinasas	*Streptomyces* sp

Tabla 1. Diversidad de aplicaciones biotecnológicas en diferentes aéreas de las actividades humanas de compuestos producidos por actinomicetos. Datos recopilados a partir de Evangelista-Martínez y Moreno-Enríquez, 2007; Genilloud y cols., 2011; Manivasagan y cols., 2014; Prakash y cols., 2013.

especies patógenas, existen algunas que afectan plantas, animales y humanos. Por ejemplo, *Streptomyces scabies*, que causa la roña de la papa (Alexander, 1980). Diversas especies del género *Streptomyces* son comercialmente muy atractivas porque producen una amplia gama de productos naturales con actividad biológica (Tabla 1). Muchos de los antibióticos empleados en la actualidad provienen de los actinomicetos; el término "antibiótico" fue acuñado por el microbiólogo del suelo Selman Waksman (1888-1973) quien trabajando con una cepa de *Streptomyces griseus* descubrió la estreptomicina, con actividad antimicrobiana contra el bacilo de Koch, causante de la tuberculosis. Esto le valió a Waksman el Premio Nobel en Fisiología o Medicina en 1952. Actualmente la estreptomicina también es empleada para combatir bacterias que afectan diversos cultivos de importancia agrícola, por ejemplo para tratar el tizón del fuego en el manzano, causado por la bacteria *Erwinia amylovora* (Manulis y cols., 1998).

LOS ACTINOMICETOS EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

Un rasgo interesante de estos microorganismos es que durante determinadas etapas de su ciclo de vida producen metabolitos secundarios y otras moléculas bioactivas de utilidad para la industria, tal es el caso de la producción de algunos antibióticos producidos por especies del género *Streptomyces*. Estos antibióticos inhiben el crecimiento de bacterias, levaduras y hongos de diversas categorías taxonómicas. Debido a la importancia económica y médica de los antibióticos producidos por los estreptomicetos, estos microorganismos han sido objeto de una variedad de estudios, y en la actualidad se continúa la búsqueda de nuevas moléculas bioactivas en otros géneros de actinomicetos. Se ha determinado, por ejemplo, que una sola especie puede producir más de un antibiótico con estructuras químicas diferentes. A pesar de contar con muchas moléculas con actividad antimicrobiana, solo a poco más de cien se les da uso comercialmente y de estas, 60 son antibióticos producidos por estreptomicetos, entre los cuales están la estreptomicina, espectinomicina, neomicina, tetraciclina, eritromicina y nistatina, entre otros (Prescott y cols., 2004; Madigan y cols., 2009).

Con la prevalencia de cepas patógenas cada vez más resistentes a múltiples fármacos, incluso a agentes antimicrobianos de última línea como la vancomicina (antibiótico sintetizado por un actinomiceto del género *Nocardia*), la búsqueda de nuevas moléculas

con actividad antimicrobiana es muy relevante. Los microorganismos que habitan ambientes extremos, nichos ecológicos inexplorados, ambientes marinos, aquellos que son endófitos, entre otros, están entre las prioridades de la exploración biotecnológica. Diversos informes científicos en salud pública muestran que una gran variedad de bacterias patógenas de humanos como *Staphylococcus*, *Mycobacterium*, *Streptococcus*, *Enterococcus* han desarrollado resistencia a fármacos, fenómeno que ha promovido la búsqueda de más y mejores antibióticos, especialmente porque estas bacterias son una clara amenaza a la salud mundial. Además, los hongos y levaduras se han convertido en una amenaza, puesto que algunos de ellos provocan infecciones en pacientes inmunocomprometidos, principalmente aquellas personas afectadas por VIH, o bien, pacientes con transplante de órganos que deben consumir fármacos inmunosupresores.

LOS ACTINOMICETOS EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN Y SU EMPLEO COMO FERTILIZANTES BIOLÓGICOS PARA LAS PLANTAS

Arthrobacter es un género de importancia ambiental debido a que sus especies son empleadas en la biorremediación. Las especies de este género son resistentes a la desecación y a la deficiencia de nutrimentos, por lo que se considera un género de inusitada flexibilidad, además de su capacidad para degradar herbicidas, pesticidas y moléculas orgánicas de excesiva complejidad. *Rhodococcus* es otro género ampliamente distribuido en suelos y aguas; algunos de sus miembros también son capaces de degradar diversas moléculas como son varios tipos de hidrocarburos del petróleo, detergentes, benceno, bifeniles policlorados (PBC), etcétera. Algunas especies del género *Streptomyces* son importantes en la ecología del suelo, ya que desempeñan un papel importante en la mineralización de diversos materiales orgánicos e incluso pueden degradar sustancias resistentes como la pectina, lignina, queratina, látex y compuestos aromáticos. Un género de actinomicetos de importancia en microbiología agrícola es *Frankia*, debido a que se asocia de manera simbiótica con varias especies de plantas superiores proporcionándoles diversos beneficios al capturar el nitrógeno (N) del aire y fijarlo para el uso de la planta. Las raíces de plantas colonizadas por *Frankia* desarrollan nódulos que fijan N de forma tan eficiente que un árbol puede crecer sin fertilización nitrogenada. *Frankia* coloniza diversas plantas y también tiene la capacidad de fijar N en vida libre. Algunas de las especies susceptibles de ser colonizadas por *Frankia* son utilizadas para la restauración de suelos contaminados por compuestos inorgánicos, como metales pesados o elementos potencialmente tóxicos. Este género de actinomiceto se ha encontrado colonizando suelos en proceso de formación y es tolerante a altas concentraciones de sales y niveles de pH, por lo que es apto para ser empleado en sitios con problemas de contaminación (Prescott y cols., 2004; Madigan y cols., 2009). Otro género relevante es *Micromonospora*, cuyas especies, además de ser una fuente de diversos antibióticos, participan en el control biológico de enfermedades de plantas por medio de diversos mecanismos, como producción de enzimas hidrolíticas y activación en la planta de genes de defensa contra enfermedades (resistencia sistémica); su actividad como promotores de crecimiento también está documentada. Algunas especies producen fitohormonas (ácido indol acético y ácido giberélico) y otras se asocian a la bacteria simbiótica *Rhizobium* en el interior de pequeñas protuberancias en las raíces, por lo que *Rhizobium* y *Micromonospora* pudieran estar interaccionando positivamente para la planta en la fijación de N y, por lo tanto, mejorando su nutrición (Valdés y cols., 2005; Trujillo y cols., 2010).

LOS ACTINOMICETOS COMO AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO EN ENFERMEDADES DE PLANTAS

En el área agrícola es importante contar con estrategias para enfrentar enfermedades de las plantas causadas por agentes fitopatógenos, como bacterias y hongos. Una de estas estrategias consiste en el empleo de moléculas de origen microbiano. La segunda estrategia está enfocada en buscar microorganismos que, además de antibiosis, puedan antagonizar el crecimiento de fitopatógenos. Estas dos estrategias podrían ser

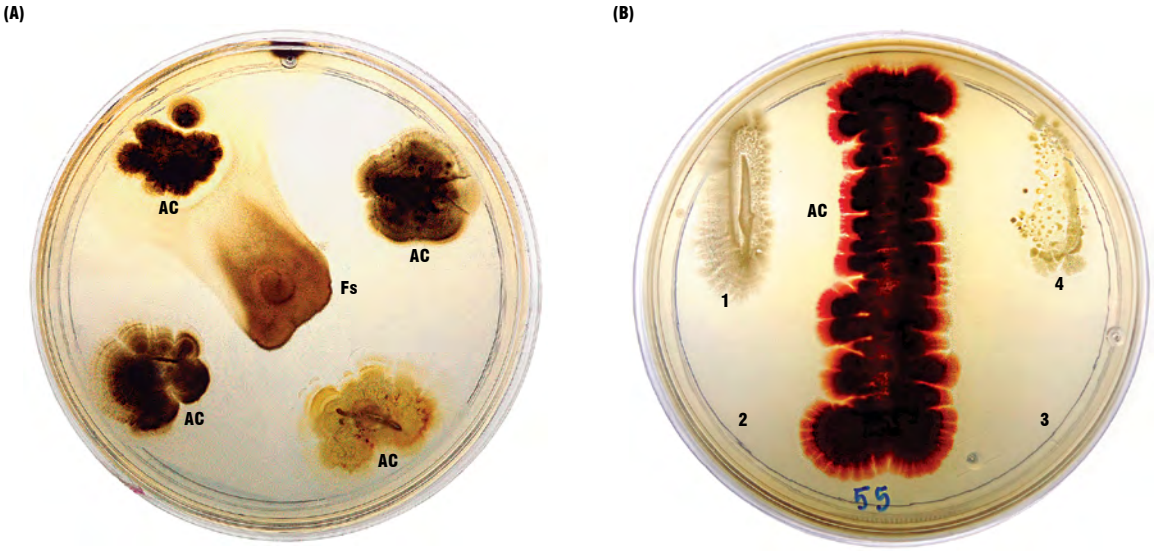


Figura 2. Inhibición del crecimiento de hongos (A) o bacterias (B) fitopatógenas sobre medio de cultivo cuando se colocan actinomicetos (AC) y ambos microorganismos crecen al mismo tiempo en igualdad de condiciones ambientales. (A) Fs=*Fusarium solani* y (B) bacterias fitopatógenas: 1=*Bacillus* sp, 2=*Pseudomonas* sp, 3=*Pectobacterium* sp y 4=*Dickeya* sp.

utilizadas solas o en combinación. Los microorganismos seleccionados por su actividad antimicrobiana pueden utilizarse para la elaboración de formulaciones que se apliquen directamente al suelo y que puedan multiplicarse en él, siendo lo suficientemente selectivas para afectar solamente a los patógenos, pero no así a las poblaciones nativas de la zona. Estas formulaciones a base de microorganismos antagonistas también pueden desarrollarse para ser aplicadas directamente al follaje de los cultivos. En la actualidad existen en el mercado pocos productos a base de actinomicetos antagonistas, como el Actinovate®, por lo que la búsqueda de cepas con mayor potencial siempre será necesaria debido a los cambios que los fitopatógenos pueden desarrollar de un ciclo de cultivo a otro. Inclusive, en algunos países se busca que los microorganismos antagonistas que se apliquen en sus campos sean aquellos productos que contengan microorganismos nativos de la región del cultivo que se pretende proteger. Diversos ensayos se han realizado sobre el efecto antagónico de actinomicetos, algunos han sido probados con éxito *in vitro* y otros *in planta*. Entre los géneros de microorganismos fitopatógenos que los actinomicetos pueden antagonizar y controlar están los *Fusarium, Phytophthora, Pythium, Alternaria, Botrytis, Plasmodiophora, Gibberella, Mucor, Fusicoccum, Ustilaginoidea, Colletotrichum, Aspergillus, Penicillium, Pectobacterium, Rhizoctonia, Sclerotium, Ralstonia, Clavibacter, Sclerotinia,* etcétera. Por ejemplo, en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), en Guadalajara y en Mérida, experimentos de antagonismo entre cepas de actinomicetos aisladas de suelos agrícolas contra *Fusarium* sp y *Phytophthora* sp, han sido exitosos en la inhibición *in vitro* del crecimiento de algunos de esos fitopatógenos (Figura 2); igualmente se encontraron resultados positivos contra las bacterias fitopatógenas *Dickeya* sp y *Pseudomonas* sp (Rincón y cols., 2014). Diversas especies de actinomicetos muestran actividad como promotores de crecimiento vegetal, lo que los hace candidatos para la elaboración de biofertilizantes que, además, protejan a las plantas contra enfermedades. Algunos representantes del grupo también pueden hacer frente a insectos plaga que afectan a las plantas, siendo importantes los que presentan elevada actividad quitinolítica.

EXPECTATIVAS SOBRE LA APLICACIÓN BIOTECNOLÓGICA DE LOS ACTINOMICETOS

El desarrollo de antibióticos y la potencialidad de los actinomicetos en la biorremediación sugieren que son

© **Emilio Salceda,** 2013.

candidatos para continuar proporcionando productos naturales novedosos, sobre todo si se encuentran nuevas cepas de *Streptomyces* y otros géneros de actinomicetos que provengan de ambientes no explorados, que den como resultado especies capaces de sintetizar nuevos antibióticos. Igualmente, en la agricultura, los actinomicetos pueden ser usados en la protección de los cultivos contra enfermedades. Por ello, se requiere de formulaciones a base de microorganismos que puedan ser inoculadas en el suelo con la finalidad de antagonizar a los microorganismos fitopatógenos y que además contribuyan a mejorar el rendimiento de los cultivos. Esto contribuiría a mejorar la producción agrícola, así como a disminuir el consumo de productos químicos, situación que se reflejaría en mejores ingresos para los productores y menor contaminación de los ecosistemas.

Es muy probable que existan muchas cepas de actinomicetos que, con la tecnología actual no podrán ser aisladas y cultivadas en condiciones de laboratorio en el corto plazo. Para lograrlo, será necesario conocer más aspectos de su diversidad, su biología, su ecología y su relación con otros microorganismos, entre otros factores, que podrían maximizar las posibilidades de obtener nuevas estirpes y de identificar con éxito moléculas bioactivas.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Mixto del Gobierno del Estado de Aguascalientes-CONACyT por su apoyo al proyecto “Desarrollo de una tecnología para el control biológico de la marchitez del chile por medio de actinomicetos nativos del Estado de Aguascalientes” (clave AGS-2011-C02-181930).

REFERENCIAS

Alexander M (1980). Introducción a la microbiología del suelo. Traducción al español por J. J. Peña-Cabriales (491 pp.). AGT Editor, México.

Evangelista-Martínez Z y Moreno-Enríquez A (2007). Metabolitos secundarios de importancia farmacéutica producidos por actinomicetos. *Revista BioTecnología* 11:37-50.

Genilloud O, González I, Salazar O, Martín J, Tormo JR and Vicente F (2011). Current approaches to exploit actinomycetes as a source of novel natural products. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 38:375-389.

González FAC and Robles HL (2009). Actinomycetes as biological control agents of phytopathogenic fungi. *Tecnociencia* (Chihuahua) 3:64-73.

Madigan MT, Martinko JM and Parker J (2009). *Brock: Biology of the microorganisms*. 12th ed. Prentice-Hall International Inc., New Jersey.

Manivasagan P, Venkatesan J, Sivakumar K and Kim SK (2014). Pharmaceutically active secondary metabolites of marineactinobacteria. *Microbiol Res*. 169:262-278.

Manulis S, Zutra D, Kleitman F, Dror O and David I (1998). Distribution of streptomycin resistant strains of Erwinia amylovora in Israel and occurrence of blossom blight in the autumn. *Phytoparasitica* 26:223-230.

Prakash D, Nawani N, Prakash M, Bodas M, Mandal A, Khetmalas M and Kapadnis B (2013). Actinomycetes: a repertory of green catalysts with a potential. *Revenue Resource* 264020:1-8.

Prescott LM, Harley JP y Klein DA (2004). Microbiología. Traducción al español por C. Gamazo de la Rasilla y Lasa U. I., 5ª ed. (1240 pp.). Ed. Interamericana, España.

Rincón-Enríquez G, L López-Pérez y EE Quiñones-Aguilar (2014). Efectividad biológica in vitro de actinomicetos sobre el agente causal del tizón de halo en frijol. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:229-234.

Serrano CL y Galindo FE (2007). Control biológico de organismos fitopatógenos: un reto multidisciplinario. *Ciencia* 1:77-88.

Trujillo ME, Alonso-Vega P, Rodríguez R, Carro L, Cerda E, Alonso P and Martínez-Molina E (2010). The genus Micromonospora is widespread in legume root nodules: the example of Lupinus angustifolius. *The ISME Journal* 4:1265-1281.

Valdés M, Pérez NO, Estrada-de los Santos P, Caballero-Mellado J, Peña-Cabriales JJ, Normand P and Hirsch AM (2005). Non-Frankia actinomycetes isolated from surface-sterilized roots of Casuarina equisetifolia fix nitrogen. *Applied and Environmental Microbiology* 71:460-466.

Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar
Zahaed Evangelista Martínez
Gabriel Rincón Enríquez
Biotecnología Vegetal y Unidad Mérida
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco
grincon@ciatej.mx

CIENCIA Y CULTURA

elementos

Visita nuestro sitio:

www.elementos.buap.mx

La revista en que
se discuten las ideas
de la ciencia contemporánea...

Suscripción:
1 año/4 números: $100.00 M.N.
2 años/8 números: $200.00 M.N.

Informes:
elementos.suscripciones@gmail.com

Todo el contenido disponible para su descarga en forma gratuita