

CIENCIA Y CULTURA elementos

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA • No. 99 • Vol. 22 • julio - septiembre 2015 • \$25.00

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



7 52435 06402 6
EXHIBIR HASTA EL 30 - SEPT. - 15

Radioterapia con protones... Lorena Magallanes y Arturo Fernández **Física Médica** Benito de Celis y colaboradores **Generación de energía eléctrica con micromáquinas** Adrián Herrera y colaboradores **Las comunicaciones en la Reforma** Leopoldo Noyola **Recoger porcelana allí donde había arcilla enterrada** Horacio Becerra **arqueología memoria** Irene Sepúlveda **Biodiversidad e impacto humano en un humedal del Pacífico...** Víctor Hugo Galván y colaboradores **Identidad, memoria y lenguaje** Angélica Tornero





© Enrique Soto, *Casa de los arcos*, 2015.



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

rector, José Alfonso Esparza Ortiz
secretario general, René Valdiviezo Sandoval
vicepresidente de investigación y estudios de posgrado, Ygnacio Martínez Laguna

ELEMENTOS

www.elementos.buap.mx

revista trimestral de ciencia y cultura
 número 99, volumen 22, julio-septiembre de 2015

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, Yara Almoyna, Gianni Capitani, Mihael Dalla Valle, Marcelo Gauchat,
 Luz María Genis, Enrique Soto y Marco Velázquez

fotografía, Enrique Soto y Emilio Salceda

1ª y 4ª de forros, © Marcelo Gauchat, *Arqueología*, 2015
2ª de forros, © Gianni Capitani-Marcelo Gauchat, *Arqueología*, 2015

3ª de forros, © Enrique Soto, *Casa de los arcos*, 2015

diseño y edición gráfica, Mirna Guevara

corrección de estilo, José Emilio Salceda 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



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
 DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



S U M A R I O

Radioterapia con protones: 3
 la dosis precisa, ni más, ni menos

Lorena **Magallanes Hernández** y Arturo **Fernández Téllez**

Física Médica II

Benito **de Celis Alonso**, Mario Iván **Martínez Hernández**

y Eduardo **Moreno Barbosa**

Generación de energía eléctrica 17
 con micromáquinas

Adrián **Herrera Amaya**, L. A. **Aguilera Cortés**

y A. L. **Herrera May**

Las comunicaciones en la Reforma 23

Leopoldo **Noyola**

Recoger porcelana allí 32
 donde había arcilla enterrada

Horacio **Berra**

arqueología memoria 34

Irene **Sepúlveda**

Mega fauna del Pleistoceno en Puebla 35

Francisco Javier **Jiménez Moreno**, José Rubén **Guzmán Gutiérrez**

y Gerardo **Carbot-Chanona**

Biodiversidad e impacto humano en 41
 un humedal del Pacífico mexicano

Víctor Hugo **Galván Piña**, Salvador **Hernández Vázquez**

y Bernabé **Aguilar Palomino**

Identidad, memoria y lenguaje 47
 en el pensamiento de Rosario Castellanos

Angélica **Tornero**

Notas:

Ingeniería genética de cultivos 55
 y el aumento del uso de pesticidas

Postexto 57

Graciela **Schmilchuk**

Ruy Pérez Tamayo: 59

ciencia y docencia

Germán Iván **Martínez Gómez**

Libros 61



© Enrique Soto, *Casa de los arcos*, 2015.

Radioterapia con **protones**:

la dosis precisa, ni más, ni menos

Lorena **Magallanes Hernández**
Arturo **Fernández Téllez**

¿Es posible atravesar, sin dolor alguno, las barreras anatómicas del cuerpo humano y alcanzar la profundidad necesaria para depositar la dosis exacta de radiación en tumores cancerígenos, sin causar ningún daño colateral? Hoy es una realidad gracias a la radioterapia con protones o protonterapia.

En este artículo discutimos algunos conceptos de uso cotidiano en el área de la física médica nuclear y presentamos las principales motivaciones que han llevado a un grupo de científicos y tecnólogos de varias instituciones nacionales y del extranjero a proponer la creación de un centro de investigación que pueda aplicar las técnicas de la terapia de protones en México.

¿RADIOTERAPIA CON PROTO... QUÉ?

Los protones son partículas con carga eléctrica positiva que, junto con los neutrones (sin carga) y los electrones (partículas

más ligeras, cargadas negativamente), dan forma a los átomos de toda la materia que nos rodea. En general, los átomos no tienen carga eléctrica total, es decir, son neutros. Cuando un átomo pierde su electroneutralidad (debido a la pérdida o la ganancia de electrones), se dice que está *ionizado*. De ahí que podamos hablar de iones ligeros cuando nos referimos a protones individuales. Los protones utilizados para la protonterapia son originalmente átomos de hidrógeno que han sido despojados de sus electrones y, en consecuencia, están cargados positivamente.

Cualquier partícula que esté en movimiento posee energía y los protones no son la excepción. La radiación se entiende como energía en movimiento, es decir, trasladando protones de un lugar a otro obtenemos radiación protónica. Análogamente, la radiación usada en la radioterapia convencional con rayos X, resulta de un sinnúmero de fotones^a transportándose a la velocidad de la luz.

Se necesitan millones de partículas moviéndose en conjunto, como vagones de trenes ultra-veloces, para causar un daño letal al tumor. Esto se logra concentrándolas en un flujo de partículas llamado haz, que es dirigido en una misma dirección a gran velocidad. Aunque el paciente no sienta físicamente el paso del haz de partículas por su piel, músculos, órganos y huesos, muchos efectos a nivel celular están ocurriendo durante ese momento. Cuando la radiación (de cualquier tipo) penetra en el cuerpo le entrega parte o, incluso, toda su energía inicial. El efecto que la radiación produzca en el tejido que atraviesa dependerá de la cantidad de energía depositada en el mismo. Esta magnitud es cuantificada en dosis, que mide la energía absorbida por cada gramo de materia del cuerpo que ha sido irradiado.

¿QUÉ HACE DE LA PROTONTERAPIA UNA OPCIÓN MÁS EFECTIVA QUE LA RADIOTERAPIA CONVENCIONAL?

Desde hace más de un siglo, la radiación ha servido a la medicina en diversos ámbitos. Los versátiles efectos de la radiación en las células humanas permiten su aplicación clínica en diferentes fases de la enfermedad: desde

el diagnóstico inicial por medio de radiografías, tomografías computarizadas o por emisión de positrones (PET),^b durante el tratamiento, hasta en el seguimiento del paciente posterior a la terapia.

La radioterapia convencional (con fotones) sigue siendo el tratamiento más común contra el cáncer, ya sea como terapia única o en combinación con la cirugía y/o la quimioterapia.^c Aunque hasta ahora la mayoría de casos de cáncer en México han sido tratados usando esta técnica, desafortunadamente aún presenta muchas desventajas que hacen que su propósito se cumpla solo parcialmente. Efectos secundarios pueden surgir debido a la exposición del cuerpo a radiación innecesaria, tales como un cáncer recurrente o mal funcionamiento de ciertos órganos, por mencionar solo algunos ejemplos.

El objetivo principal de la radioterapia es aplicar una distribución óptima de la dosis de radiación en el tumor de manera que:

- Cause el daño celular apropiado para detener su crecimiento acelerado.
- Se protejan los órganos fundamentales en riesgo.
- Se respete el tejido sano tanto como sea posible.
- Se minimicen los efectos secundarios de la exposición del cuerpo a altos niveles de radiación.
- El paciente tenga una buena calidad de vida una vez que el cáncer ha sido curado.

El uso de haces de iones ligeros, como los protones, para tratar padecimientos oncológicos satisface idealmente la finalidad de la radioterapia. Como se observa en la Figura 1, los haces de fotones depositan la mayor parte de su energía inicial recién entrando al

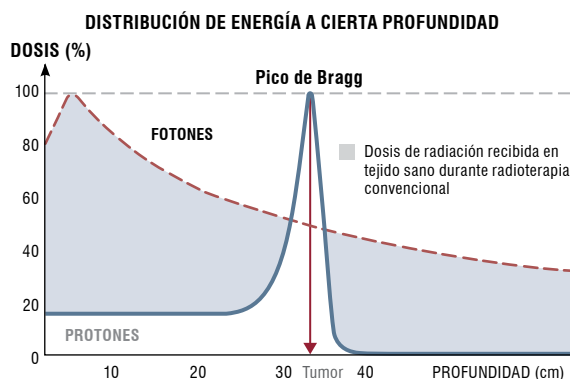


Figura 1. Distribución de la dosis de radiación de fotones (energía depositada por gramo) comparada con la dosis del haz de protones al alcanzar cierta profundidad dentro del cuerpo del paciente.¹

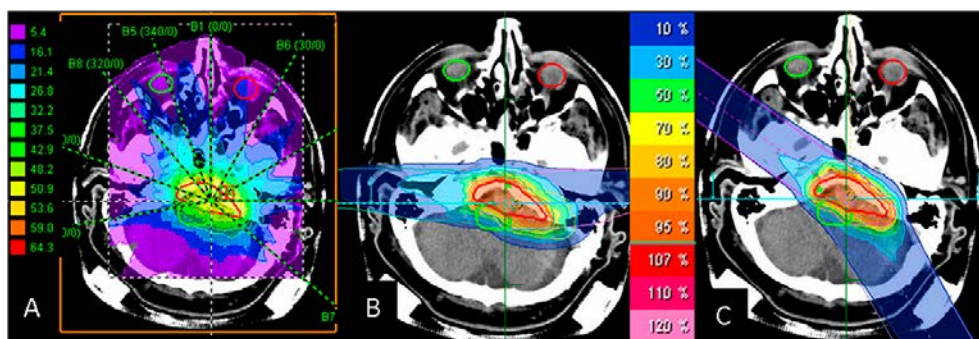


Figura 2. Distribución de dosis de radiación para (A) radioterapia con fotones con campos horizontales, (B) protonterapia y (C) radioterapia con protones utilizando campos a ángulos optimizados para minimizar o evitar la dosis en estructuras importantes.² El código de color en la figura representa el mínimo de dosis en azul y el máximo de dosis en rojo.

cuerpo, lo que trae como consecuencia una alta dosis en la piel o muy cerca de la superficie. Por el contrario, cuando los protones acelerados penetran al paciente a altas velocidades, la dosis en el canal de entrada es mínima. Como un dardo que sigilosamente rompe el viento, dejándolo casi intacto antes de comenzar a frenar. A lo largo de su camino, los protones van colisionando con los propios átomos de los órganos y tejidos que se encuentran a su paso. Durante este trayecto ocurren dos fenómenos cruciales para el éxito del tratamiento: los protones son frenados al mismo tiempo que van transfiriendo parte de su energía (dosis) a los átomos del cuerpo con los que chocan. El punto en donde los protones iniciales son frenados por completo es donde se ha depositado toda su energía (y donde se obtiene la máxima dosis), conocido como Pico de Bragg, en honor al físico británico W. H. Bragg (1862-1942). En este punto, los protones han agotado por completo su energía y no habrá dosis depositada en el cuerpo después.

Estas particularidades físicas de los haces de protones –pequeñas dosis cuando entran al cuerpo, máxima dosis en la profundidad deseada (tumor) y una dosis casi nula después del Pico de Bragg– son su ventaja principal y permiten modular la distribución de la dosis que recibirá el tumor con altísima precisión, al mismo tiempo que se reduce considerablemente la dosis en tejidos circundantes que no la necesitan (Figura 2).

Un solo haz de protones tiene unos pocos milímetros de diámetro, por lo que, usándolo en una única posición, no sería suficiente para distribuir la dosis de radiación uniformemente en todo el volumen del tumor. Es necesario cubrir el objetivo punto por punto. Entre

los diferentes métodos para conformar la dosis requerida en el blanco tridimensional, el que resulta más preciso se conoce como sistema de escaneo o de rastreo. Son tres las dimensiones que el haz tiene que revestir, el plano transversal (x,y) con el que se encuentra el haz cuando se introduce en el cuerpo y la profundidad del tumor (z). El método de escaneo o rastreo consiste en ajustar el haz de protones en posiciones específicas en las tres dimensiones (x,y,z). El plan de tratamiento contiene la información sobre la dosis (en términos de número de protones) que deben ser depositados en cada punto. Las dos primeras dimensiones (x,y) se cubren mediante imanes que se encuentran al final de la línea de haz; el haz de protones rastrea entonces una cuadrícula transversal depositando la dosis requerida en el plan de tratamiento. La profundidad que alcanzará el haz, como se explicó antes, se consigue modulando su energía inicial.

El volumen del tumor a irradiar se divide virtualmente en varias rodajas que se van ocupando de dosis, punto por punto, desde la más profunda hasta la más próxima a la entrada del haz. Esta colección de Picos de Bragg utilizada para distribuir la dosis a todo lo largo del tumor se conoce también como Pico de Bragg extendido (Figura 3).

¿QUÉ TIPOS DE CÁNCER OBTENDRÍAN MAYOR BENEFICIO DE LA PROTONTERAPIA?

En principio, todos los casos en los cuales el tumor está localizado cerca de algún órgano en riesgo son

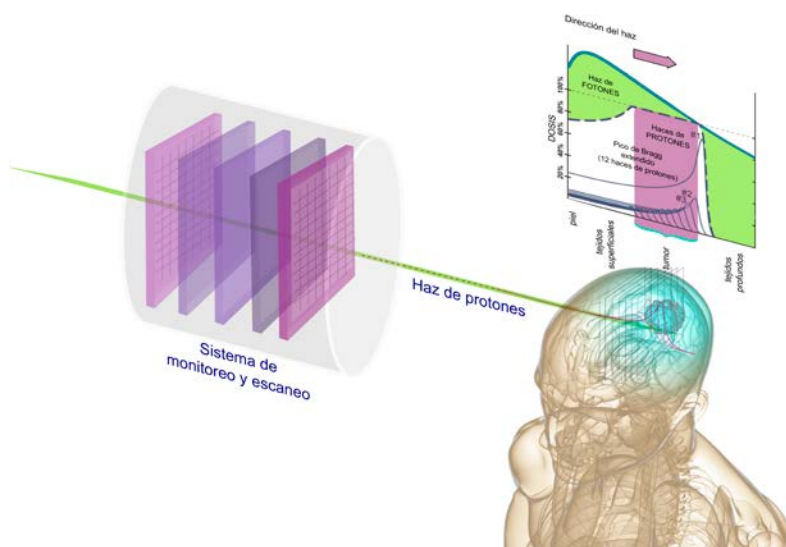


Figura 3. Sistema de escaneo o rastreo utilizado para la aplicación de los haces de protones, punto a punto en posiciones específicas, desde la parte más profunda hasta la más cercana a la entrada del haz. El barrido de Picos de Bragg para cubrir la longitud del tumor se conoce como Pico de Bragg extendido.

candidatos para ser tratados con protones. Los tratamientos de tumores en cabeza y cuello se benefician enormemente de la protonterapia, dada la gran cantidad de órganos fundamentales en estas zonas y su mínimo movimiento. El resto del cuerpo se mueve constantemente debido a la respiración y a los latidos del corazón, esto provoca un factor de riesgo adicional en la aplicación del tratamiento, ya que no es posible determinar exactamente el sitio donde la dosis planeada es depositada. Es por ello que, actualmente, los tumores que se encuentran en el área del tórax y del abdomen son tratados con mayor moderación.

Los casos pediátricos son prioridad para el tratamiento con protones. En las pequeñas dimensiones del cuerpo de un niño, el resto de tejido saludable es más propenso a recibir radiación innecesaria que resultaría, con alta probabilidad, en cáncer recurrente.³

Otros casos especialmente sensibles a dosis adicionales durante la radioterapia son mujeres embarazadas. Durante el embarazo, la exposición a radiación ionizante pone al feto en riesgo de muerte prenatal, malformaciones, trastornos de neurodesarrollo y cáncer infantil. En una situación tan delicada, la protonterapia ofrecería una dosis mayormente definida en el área del tumor, disminuyendo o evitando la dosis que recibe el feto.⁴

PROTONTERAPIA EN MÉXICO: INNOVACIÓN MÉDICA, CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA AL SERVICIO DE LA SALUD

El Centro de Excelencia en Física Médica Nuclear (CEFMN), en su compromiso por integrar la investigación científica a la práctica médica, es un proyecto multidisciplinario e interinstitucional en el que estarían involucrados investigadores de instituciones académicas y de la salud, tales como la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) Puebla, la Universidad de Guanajuato (UG), el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV), el Instituto Nacional de Cancerología (INCAN) y la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), entre otras.

En el CEFMN se ofrecería la protonterapia como alternativa a la radioterapia convencional, se producirían radioisótopos para diagnóstico y tratamiento, además de promover la investigación continua para garantizar la optimización de los tratamientos mediante el uso de modernos métodos de imagenología.

Para obtener los haces de protones con los que el paciente es irradiado hay que contar con un acelerador de partículas. El acelerador de partículas pensado para el CEFMN es un acelerador de tipo ciclotrón en el que los protones alcanzarán velocidades cercanas a la de la luz antes de ser extraídos por seis líneas de haz dedicadas a las diferentes aplicaciones, una de

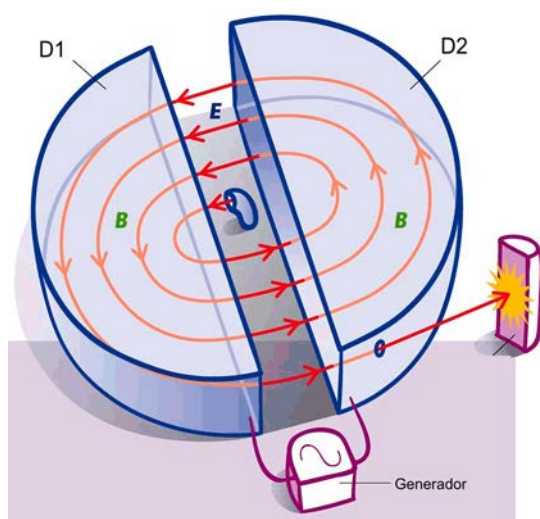


Figura 4. Principio de aceleración de partículas cargadas dentro de un ciclotrón. El campo magnético B conduce las partículas en una trayectoria espiral, mientras que el campo eléctrico E las mantiene aceleradas hasta su extracción.⁵

ellas destinada particularmente a la terapia protónica. El tipo de ciclotrón, así como las instalaciones, serán similares a las que ya operan en el Centre Antonie Lacassagne (CAL), en Niza, Francia, impulsando así la colaboración científica y tecnológica entre ambos países e instituciones.

En un ciclotrón como este, las partículas son inyectadas para su aceleración entre dos imanes circulares de aproximadamente cuatro metros de diámetro (Figuras 4 y 5). Dos fuertes campos trabajan en conjunto para llevar los protones hasta lo profundo del cuerpo: un campo magnético que conduce las partículas en una trayectoria espiral, mientras que un campo eléctrico las acelera hasta su extracción en una o hasta en un par de líneas de haz simultáneamente. Las características de este ciclotrón permiten obtener haces de protones de hasta 70 MeV (millones de electronvoltios^d), lo que se traduce en una penetración de aproximadamente 5 centímetros en el tejido blando del cuerpo humano.

IMÁGENES INNOVADORAS PARA OBTENER TRATAMIENTOS ÓPTIMOS

Como en cualquier tecnología emergente, aunque la protonterapia tiene muchos factores de seguridad y precisión bajo control, quedan problemas a resolver; uno de ellos es verificar que la radiación haya sido depositada realmente donde se tenía planeado.

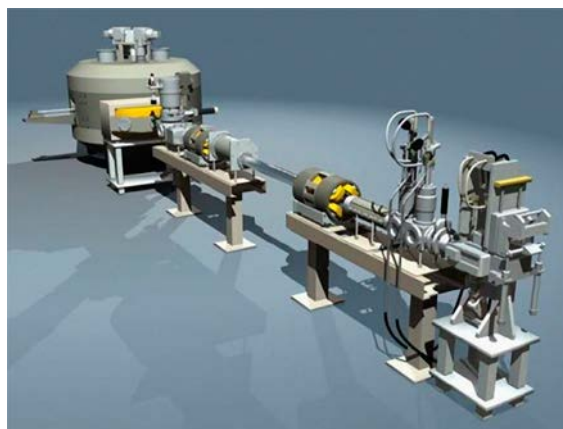


Figura 5. Esquema del ciclotrón que sería instalado en el CEFMN. La línea de haz dedicada al tratamiento de protones es visible también. Al final de la línea de haz comienza el sistema de escaneo y monitoreo que se observa en la Figura 3 y que se enciende exactamente antes de aplicar el haz de protones al paciente.⁶

Debido a que la dosis distribuida por los protones en su camino al tumor (pico de Bragg) es significativamente alta en el objetivo a tratar, se deben tomar medidas extremas de seguridad en la planeación de la dosis específica para cada paciente. El éxito de la protonterapia está determinado por factores que hasta el momento son impredecibles, como el movimiento natural del cuerpo debido a la respiración y los latidos del corazón, el encogimiento del tumor, cambios anatómicos debidos a pérdida de peso, desajustes en el posicionamiento del paciente y un largo etcétera.

Para explotar al máximo los beneficios de la protonterapia, en términos de precisión en la dosis suministrada, esta debe apoyarse en recursos como la imagenología,⁷ que garantice que la radiación cubra únicamente el volumen del tumor donde es requerida. En consecuencia, el avance en investigación y tecnología dirigida a disminuir las incertidumbres propias del tratamiento incrementaría, de manera natural, la demanda de terapia de protones para más indicaciones oncológicas.

En analogía con los rayos X, los haces de protones también pueden ser aprovechados, no solo para propósitos terapéuticos, sino también para obtener imágenes que mejoren la calidad del tratamiento. Existen principalmente dos maneras de obtener imágenes con protones. La primera, aplicada ya clínicamente, utiliza los haces terapéuticos originales para obtener información sobre la distancia a la que se detuvo el haz dentro del

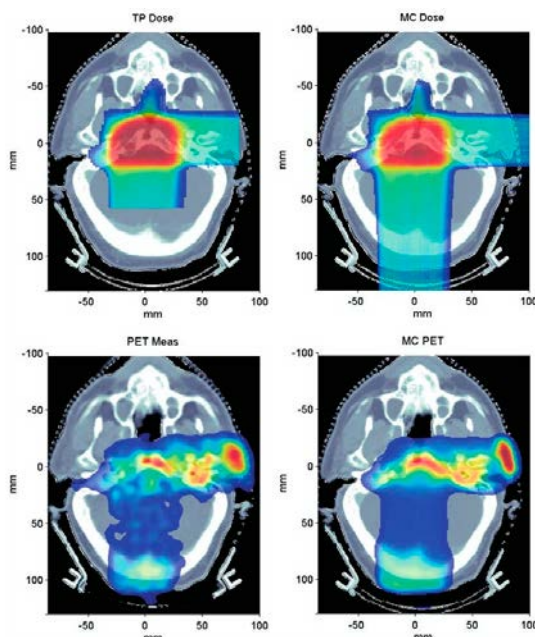


Figura 6. Arriba: Planeación del tratamiento (izquierda) y simulación por computadora (derecha). Abajo: Activación medida después del tratamiento y simulación por computadora (derecha). El rango de colores representa el mínimo de dosis de radiación en azul y el máximo en rojo.⁸

cuerpo, conocida como rango. El rango del haz de protones puede ser determinado gracias a las partículas secundarias producidas por la interacción de los protones con el tejido del paciente. Como ya se mencionó, la radiación que atraviesa el cuerpo va depositando energía en los átomos que tiene a su paso, activándolos. En consecuencia, estos se vuelven radioactivos, emitiendo radiación que puede ser detectada por cámaras o tomógrafos PET. Esta característica hace que la técnica se conozca como “verificación PET en vivo del rango del haz”. Como puede notarse en la Figura 6, la dosis que recibe el paciente está visiblemente relacionada con la activación de los átomos que alcanza.

El segundo método para obtener imágenes basadas en protones sigue el mismo principio de las radiografías y tomografías hechas con rayos X. Haces de protones más energéticos son utilizados, de tal manera que el Pico de Bragg no se localice dentro del paciente, sino después de que el haz cruce el cuerpo y salga por el lado opuesto, donde se encontrará con un detector que colecte información sobre la anatomía. La Figura 7 muestra un ejemplo de la radiografía de un modelo de mano obtenida con protones.

Como en estos casos el Pico de Bragg no permanece en el paciente, las radiografías con iones se obtienen con una dosis mínima igual a la depositada en la entrada del haz en el cuerpo o a la altura de la meseta (parte casi plana) del Pico de Bragg.

La radiografía con protones muestra detalles como la estructura ósea, además de que los protones, como método de imagenología, también muestran mayor contraste (o diferencia notable) entre los diferentes tejidos blandos como la piel y los músculos, característica de la que carecen las radiografías con rayos X. Otra ventaja de utilizar imágenes obtenidas con protones se encuentra durante la planificación del tratamiento. Normalmente, este plan está basado en imágenes con rayos X de la anatomía del paciente. Las radiografías convencionales nos dan información sobre la densidad⁶ de los tejidos que han sido atravesados por los haces de fotones; sin embargo, los protones se comportan de manera diferente dentro del cuerpo y es por ello que la información conseguida con fotones debe ser traducida en información del rango que alcanzarán los protones dentro del cuerpo. El planear un tratamiento con las imágenes obtenidas con las mismas partículas con las que será aplicado mejoraría considerablemente la exactitud con la que



Figura 7. Radiografía de un modelo de mano obtenida con protones.⁹

conocemos si el rango de los picos de Bragg llegará o no a su objetivo.

El paso que sigue a la radiografía con protones será la tomografía computarizada de protones. Obteniendo proyecciones (radiografías) de la anatomía deseada a diferentes ángulos es posible reconstruir información tridimensional. De esta forma se amplían las maneras de explorar el interior del cuerpo y obtener información mucho más precisa del blanco que queremos atacar con la radiación protonica.

PLANES Y PERSPECTIVAS

La creación y desarrollo del CEFMN representa un paso hacia la generación de nuevas áreas de investigación e innovación tecnológica con aplicación directa en la salud de la población mexicana cuya tercera causa de muerte es el cáncer. La protonterapia en México será una alternativa precisa y eficaz para ciertos casos oncológicos e incrementará las posibilidades de que más pacientes triunfen en la batalla contra el cáncer, no solo erradicando el tumor deliberadamente, sino continuando con su vida después del tratamiento de manera saludable y sin complicaciones adicionales.

La terapia de protones es una más de las técnicas de tratamiento del cáncer que se usa en hospitales y centros de salud de Estados Unidos y Europa. Es importante señalar que, afortunadamente, en nuestro país se ha logrado formar una nueva generación de científicos y tecnólogos que han adquirido la experiencia en el diseño, construcción y operación de aceleradores, sistemas de detección de radiación de protones y tratamiento de imágenes obtenidas con cámaras PET, cámaras gamma y otros sistemas de generación de imágenes nucleares. De concretarse, el Centro de Excelencia en Física Médica Nuclear sería el primero de su tipo en Latinoamérica y pondría a México a la vanguardia en los avances de la medicina nuclear.

Finalmente, debemos resaltar que el principal propósito del esfuerzo que ha conjuntado a una gran cantidad de investigadores de disciplinas aparentemente tan distantes como la medicina y la física de partículas elementales, que trabajan en las más diversas instituciones, es lograr que un mayor número de pacientes puedan decir: "Soy un sobreviviente del cáncer".

NOTAS

- Fotones: partículas sin masa ni carga eléctrica, moviéndose a 300 mil km/seg, que es la máxima velocidad que un ente físico puede alcanzar. Los fotones son las partículas responsables de la radiación electromagnética que incluye las ondas de radio, las microondas y la luz visible.
- Positron Emission Tomography (PET) : Tomografía por emisión de positrones. Esta técnica de imagenología se basa en detectar cómo se distribuye un fármaco emisor de positrones en determinada zona del cuerpo. Los positrones son las partículas opuestas a los electrones, tienen exactamente la misma masa, pero con carga eléctrica positiva.
- La quimioterapia es un tipo de tratamiento contra el cáncer basado en sustancias químicas o medicamentos cuya principal función es destruir las células del cuerpo humano que se dividen y se regeneran rápidamente. Tal es el caso de las células que conforman los tumores cancerígenos.
- El electronvoltio es una cantidad usada para medir energía y representa, básicamente, el trabajo que es necesario para mover la carga de un electrón entre dos puntos con fuerzas eléctricas opuestas.
- Densidad es la medida de la cantidad de masa de un cuerpo en un volumen determinado.

REFERENCIAS

- 1 Adaptada de www.proton-cancer-treatment.com.
- 2 K. Kosaki, *et al* (2012). Comparison of intensity modulated radiotherapy (IMRT) with intensity modulated particle therapy (IMPT) using fixed beams or an ion gantry for the treatment of patients with skull base meningiomas. *Radiat Oncol* 7: 44.
- 3 American Society for Radiation Oncology (ASTRO) (2013). Encouraging outcomes for pediatric brain tumor patients treated with proton therapy. *ScienceDaily*. <http://www.sciencedaily.com/releases/2013/09/130923092228.htm>.
- 4 Munter MW, *et al* (2010). Heavy ion radiotherapy during pregnancy. *Fertil Steril* 94: 2329
- 5 Adaptada de http://www.handicapinfos.com/informer/cyclotron-arronax-nouvel-accelereur-recherche_8371.htm.
- 6 <http://www.iba-radiopharmasolutions.com/products/cyclotrons#cyclone-70>.
- 7 Magallanes L, *et al* (2014). On the role of ion-based imaging methods in modern ion beam therapy. *AIP Conf. Proc.* 1626(1): 142-146
- 8 Parodi K, *et al* (2007). Patient study of in vivo verification of beam delivery and range, using positron emission tomography and computed tomography imaging after proton therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 68(3): 920-934.
- 9 news.ucsc.edu/2012/10/proton-radiography.html.

Lorena Magallanes Hernández
Heidelberg University Hospital
Alemania
lorena.magallanes@gmail.com

Arturo Fernández Téllez
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
BUAP
México
afernand@fcfm.buap.mx



© Enrique Soto, *Casa de los arcos*, 2015.

Física Médica

Benito **de Celis Alonso**
Mario Iván **Martínez Hernández**
Eduardo **Moreno Barbosa**

El objetivo de este trabajo es discutir qué es y qué hace un físico médico (FM). En general se define a un FM como un profesional que usa su conocimiento científico para coadyuvar en el tratamiento, prevención y diagnóstico de todo tipo de enfermedades. Es por esto que se suele encontrar a un FM trabajando en un hospital diseñando tratamientos de radioterapia o vigilando que los equipos de diagnóstico funcionen de forma adecuada. Sin embargo, también se puede encontrar a un FM en universidades y empresas desarrollando tecnologías de diagnóstico y tratamiento, así como contribuyendo a la investigación básica en campos como las neurociencias, fisiología, radiología, farmacología, etcétera.

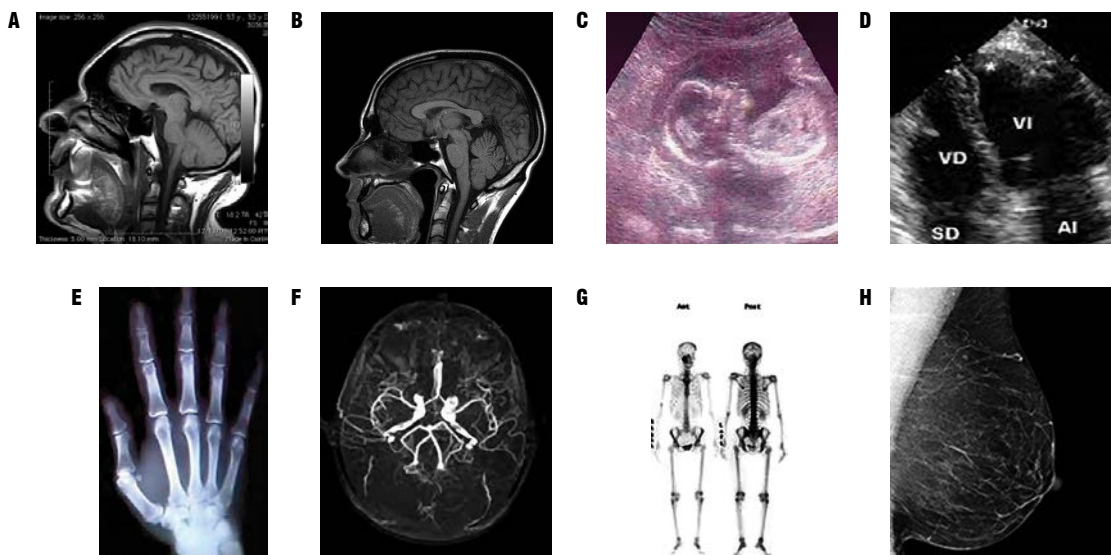


Figura 1. Imágenes obtenidas con las distintas técnicas de diagnóstico. **A.** Imagen del cerebro obtenida con tomografía computarizada. **B.** Imagen del cerebro obtenida con resonancia magnética. **C.** Ultrasonido de un feto en el vientre materno. **D.** Ultrasonido usado para la medida de los volúmenes de las aurículas y ventrículos del corazón. **E.** Rayos X de una mano. **F.** Angiografía (imagen de venas y arterias) obtenida con resonancia magnética. **G.** Escáner de huesos empleando medicina nuclear para la detección de cáncer. **H.** Mamografía de una mama sana. Imagen **1A:** Obtenida de <http://www.diagnosweb.com>. **1C-D y H:** Introduction to Medical Imaging. N. Barrie & A. Webb. Cambridge Texts in Biomedical Engineering 2008. **1E:** Foot & Ankle Radiology. R. A. Christman. Churchill Livingstone. 2003.

Este es un campo altamente interdisciplinario en el que participan físicos, médicos, ingenieros, programadores, biólogos, químicos, farmacéuticos, etcétera. Otra característica de la Física Médica es que se trata de un área de ciencia aplicada. Las actividades de un FM hospitalario permiten mejorar la calidad del servicio a los pacientes construyendo equipos adecuados, mejorando tratamientos y asegurándose que funcionan de forma apropiada. Por lo tanto, es una profesión en la que sus miembros deben estar sujetos a una formación exhaustiva de controles de calidad y una vigilancia parecida o igual que la de los médicos.

Es por lo expuesto aquí, que los autores de este trabajo quisiéramos crear conciencia de la importancia de esta profesión, de su situación en México y de las ventajas que profesionales bien preparados en esta disciplina podrían aportar a la sociedad.

FUNCIONES

Las funciones de un FM son diversas. Sin embargo, se pueden dividir en cuatro grandes grupos: diagnóstico, tratamiento (mayormente radioterapia), protección radiológica y otras aplicaciones.

DIAGNÓSTICO

Rayos X (RX) y otras técnicas ionizantes. Con el descubrimiento de los rayos X nace el FM. En esta disciplina se usan radiaciones ionizantes (con energía suficiente para arrancar electrones de un tejido al atravesarlo). Estas radiaciones atraviesan fácilmente tejidos blandos (piel, músculo, grasa, sangre, etcétera) pero son mucho más absorbidos por los duros (hueso). Por eso en las placas radiográficas se ven los huesos blancos mientras que lo demás se ve oscuro. Las radiaciones ionizantes pueden dividir las moléculas de agua de los tejidos en otras moléculas denominadas radicales libres. Estos pueden llegar a dañar o destruir las moléculas de DNA y por tanto inducir cáncer. Además de los rayos X convencionales se debe incluir a la fluoroscopia (rayos X fluyendo de forma constante cuyas imágenes son digitalizadas para verse como un video en tiempo real), la tomografía computarizada (imágenes de rayos X tomadas desde todos los ángulos posibles y combinadas para tener una imagen anatómica) y la mamografía (imágenes específicas para la mama que permiten diagnosticar y prevenir el cáncer en este tejido).

Las funciones del FM en este apartado son las de vigilar las dosis que reciben los pacientes y el personal

ocupacionalmente expuesto así como, la calidad de las imágenes y el funcionamiento de los aparatos.

Resonancia Magnética. La resonancia magnética es una técnica de diagnóstico que usa las propiedades magnéticas del agua, así como ondas de radio, para tomar imágenes detalladas de los tejidos blandos del cuerpo. Las funciones del FM en este campo son monitorear el correcto funcionamiento del aparato de resonancia magnética y diseñar nuevas secuencias de pulsos magnéticos que permitan crear aplicaciones especiales. Por ejemplo, una secuencia que tome imágenes solo de la grasa corporal (Abhinav *et al.*, 2014, Liney & Moerland, 2014).

Ultrasonido. Esta es una tecnología en la que un aparato produce sonido a altas frecuencias en el tejido. Tras cierto tiempo mide los ecos producidos por el rebote del sonido en las estructuras del cuerpo. Es una tecnología barata, da imágenes en tiempo real y casi no tiene contraindicaciones. Es el equipo básico de un ginecólogo y se usa también en medicina deportiva y cardiología. Los FM están detrás de su creación y del desarrollo de mejoras en ella, así como su mantenimiento. (Wells *et al.*, 2011) (Azhari, 2012).

Medicina Nuclear. Las aplicaciones para diagnóstico de la medicina nuclear usan una serie de técnicas en las que se introducen productos radioactivos en el cuerpo. Estos productos se concentrarán en los tejidos que se quiere estudiar y, mediante medidas de la radiación emitida, se puede determinar por su funcionamiento. Hay una amplia gama de radiofármacos con distintas aplicaciones, pero su principal aplicación es en el diagnóstico del cáncer. Las tres técnicas principales de detección son la cámara gama, la tomografía por emisión de fotón único (SPECT) y la tomografía por emisión de positrones (PET).

Medidas fisiológicas. Ejemplos de estas medidas son la electroencefalografía (medida de los potenciales eléctricos en el cerebro), el electrocardiograma (medición de los potenciales eléctricos del corazón), la endoscopia (obtención de imágenes de las cavidades del cuerpo por medio de micro-cámaras), la pulsioximetría (medida de la oxigenación de un tejido), la electromiografía (medida de los potenciales eléctricos de músculos), etcétera. El FM debe cuidar que todos los equipos funcionen adecuadamente y debe desarrollar nuevas aplicaciones.

TRATAMIENTO

Radioterapia. La radioterapia es el tratamiento del cáncer usando radiaciones ionizantes. Aunque hay muchas subdisciplinas (braquiterapia, cuchillo gamma, terapia de protones, etcétera), en la versión más común se usan aceleradores lineales. Estos disparan radiación desde fuera del cuerpo contra tumores. Los disparos realizados desde distintos ángulos convergen siempre en el tumor reduciéndolo. Al mismo tiempo e idealmente el daño a los tejidos sanos circundantes es mínimo.

Para los FM hospitalarios y debido a la prevalencia de cáncer en la sociedad, la radioterapia supone un 80% de la carga de trabajo. El FM debe coadyuvar a desarrollar y modelar la forma en la que se va a radiar al paciente. Se debe evitar órganos sensibles y calcular que el daño a los tejidos sanos sea mínimo. Una instalación de aceleradores lineales a pleno rendimiento requiere al menos de dos FM (norma mexicana, NOM-002-SSA3-2007).

Otras técnicas de tratamiento. Aunque la radioterapia es la principal técnica en la Física Médica, existen otras técnicas posibles entre las que se puede incluir el uso de los ultrasonidos para destruir cálculos en el cuerpo, el desarrollo de equipos de desfibrilación para reaccionar ante ataques cardíacos, el uso de radiaciones superficiales para tratar enfermedades de la piel, etcétera.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Los FM deben vigilar que el funcionamiento de los equipos sea el correcto. En el caso de la radioterapia hay que comprobar regularmente que los haces de rayos tengan la forma, energía y penetración adecuada. Esto se consigue mediante el uso de maniqués u objetos con forma humana que, además, están compuestos por materiales con propiedades radiológicas equivalentes a las de los tejidos humanos.

El FM debe controlar que la protección radiológica de las instalaciones sea la adecuada y cumpla la normativa. Finalmente, es el encargado de monitorear la dosimetría de pacientes y personal. Es su obligación que no se rebasen los límites fijados por la legislación

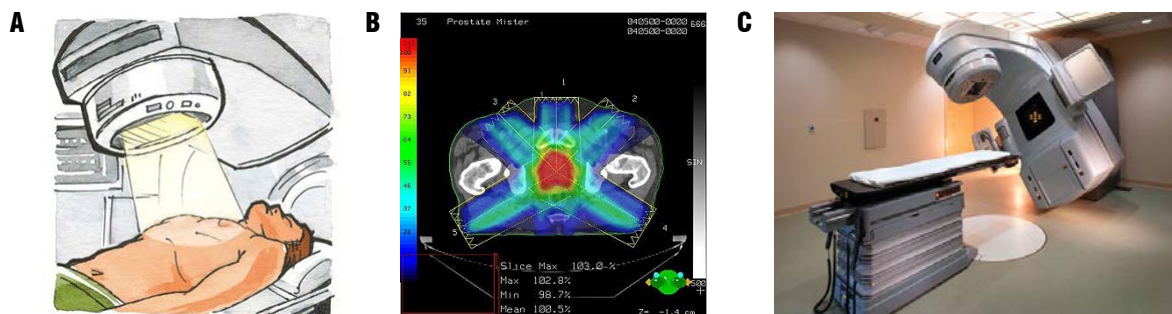


Figura 2. Imágenes de tratamientos de radioterapia. **A.** Acelerador lineal disparando a un paciente. **B.** Ejemplo de pantalla donde un FM planea los ángulos, energías y tiempos con los que se radiará el cáncer de un paciente. **C.** Aparato LINAC en posición de disparo aproximadamente a 30 grados de la vertical. Imagen 2A de <http://es.house.wikia.com/wiki/Radioterapia>. Imagen 2B de <http://grupo6modulo2.wordpress.com/> y la imagen 2C de www.upmc.com.

nacional (máximo anual de 50 mSv para el personal con un promedio sobre 5 años de 20 mSv. El mSv es una unidad que indica la dosis de radiación absorbida por los tejidos corregida por los efectos biológicos inducidos). Además, los FM deben vigilar que la radiación suministrada a un paciente sea lo más baja posible. Quiere esto decir que los exámenes médicos con rayos X o medicina nuclear no se deben hacer de forma injustificada. De igual manera, se debe limitar la tasa de repetición de exámenes y buscar alternativas al uso de radiaciones ionizantes.

OTRAS FUNCIONES DEL FM

Además de las funciones mencionadas, un FM puede aportar sus conocimientos en otros ámbitos, incluyendo la formación de otros físicos médicos a nivel universitario de pre y postgrado. También puede incorporarse a compañías tecnológicas relacionadas con el desarrollo de equipos médicos. Este es un trabajo en que se contrata todos los años a centenares de FM (IoP, 2012). Muchos FM se han incorporado también a compañías de software, puesto que el tratamiento de imágenes médicas es fundamental en el diagnóstico de enfermedades. También son importantes en el desarrollo de bases de datos. Una muestra de la relevancia de la investigación en este campo son los premios Nobel en medicina entregados a Godfrey N. Hounsfield y Alan Cormack en 1979 por el desarrollo de la tomografía computarizada, y a Peter Mansfield en 2003 por el desarrollo de la resonancia magnética.

SITUACIÓN DE LA FÍSICA MÉDICA EN OTROS PAÍSES

En esta sección se analiza la especialidad de Física Médica relacionada con la clínica, sin considerar otras posibilidades que pueda tener en relación con otras disciplinas. Presentaremos el sistema de formación y actualización de estos especialistas en tres países: Reino Unido, España y México. La elección de estos países corresponde a tres sistemas con niveles completamente distintos de organización.

Reino Unido. El puesto de FM en el Reino Unido está regulado en su sistema público de salud (NHS National Health System). El trabajo de un FM está regulado en todo el país a través de la acción del IPEM (Institute of Physics and Engineering in Medicine, <http://www.ipem.ac.uk/>). Esta es una institución pública que es independiente de otros organismos médicos y está dirigida exclusivamente por FM. Funciona como un colegio profesional. Rige la formación de FM, concede los certificados de habilitación para este trabajo y fija los estándares de formación. Además, es la institución que establece los estándares de calidad que las instalaciones médicas deben tener mediante la publicación de directivas y normas. El gobierno ha concedido a este instituto capacidades sancionadoras para que se cumplan sus criterios.

La formación de un FM en el Reino Unido comienza tras finalizar la carrera de física. Si su expediente es superior a una calificación de 2.1 (aproximadamente equivalente a un 8 en México) el estudiante se podrá inscribir en un programa de maestría en Física Médica. Este programa se impartirá en una universidad homologada por el IPEM. La maestría dura un año durante el

cual el estudiante recibe una base teórica de seis meses en todos los campos de la Física Médica. Después siguen tres meses intensivos en tres campos más específicos que sean de interés del estudiante. Tras esto se realiza una investigación de tres meses y se presenta el examen de posgrado. Con la maestría el estudiante debe buscar sus prácticas profesionales (remuneradas) en algún hospital del país. En estas prácticas, que duran dos años, el estudiante ahondará en su formación en los campos específicos que desarrolló durante sus estudios de posgrado (rota cada ocho meses por cada una de las especialidades). Este desarrollo se hará bajo supervisión de profesionales ya calificados, con experiencia y de una manera práctica. Tras estos tres años el IPEM otorgará una cédula o permiso de trabajo para el especialista Física Médica. Entonces, el trabajador debe buscar un trabajo en un hospital y especializarse en un solo campo de los tres en los que ha trabajado. Este proceso durará 5 años después de los cuales se le considerará FM especialista en ese campo, hecho que lo habilita para trabajar de forma independiente. A lo largo de la carrera, el IPEM vigila que el trabajo de sus FM se mantenga a buen nivel. Esto se hace mediante evaluaciones periódicas y exigiendo la realización de trabajo de investigación (obtención de doctorados).

España. En España, desde 1997, existe la especialidad médica de “radiofísico hospitalario”. La función de estos especialistas está mayormente centrada en la planificación de tratamientos por radioterapia y protección radiológica en general. Es solo en los últimos años que los FM españoles han comenzado a ocupar terreno en otros departamentos como diagnóstico y medidas de constantes fisiológicas. La actividad de los físicos médicos es regulada a nivel estatal por la legislación vigente. Además, existe una Sociedad Española de Física Médica (<http://www.sefm.es>) que realiza publicaciones en el campo. Esta sociedad no tiene los poderes ni la influencia que pueda tener el IPEM en el Reino Unido y sus tareas son más bien de tipo divulgativo y de referencia.

La formación de un FM en España comienza tras acabar cualquier tipo de carrera científica. El acceso al programa de formación (FIR, Físico Interno Residente) se realiza exclusivamente mediante examen de oposición. Una vez aprobado este examen el futuro FM debe incorporarse a un hospital con el programa FIR en el que

durante tres años (ya remunerados) se le formará en el campo de la radioterapia, medicina nuclear, radiodiagnóstico y protección radiológica. Tras este periodo, el físico hospitalario estará ya habilitado para buscar trabajo en cualquier hospital del país. Durante el desarrollo de su carrera el físico hospitalario español estará obligado por su institución a tomar cursos de actualización impartidos en universidades nacionales y extranjeras, así como a participar en congresos y reuniones científicas. En general, al haber en España pocas especialistas en este campo, el físico hospitalario suele encontrar trabajo con relativa facilidad. Esto se debe a que anualmente se suele convocar unos 30-40 puestos (antes de la crisis del 2008).

México. Si bien se ha hecho un esfuerzo en el último lustro para que se reconozca la figura laboral de FM en México, aún falta legislar el tema para que se regulen sus responsabilidades y derechos, tal como se sugiere en el documento elaborado por la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA, 2010) en 2010.

La formación de un FM en México comienza tras acabar los estudios universitarios en el área de física, física aplicada o áreas afines. El estudiante deberá solicitar y encontrar trabajo en un hospital como FM. En estas instalaciones y en el mejor de los casos (no hay ley que obligue) el aspirante deberá recibir cursos de formación interna, además de pasar un curso (obligatorio) para personal ocupacionalmente expuesto, avalado por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias. Con estas certificaciones el especialista podrá comenzar a desarrollar sus funciones. El trabajador aprenderá de forma “artesanal” (boca a boca o leyendo lo que vaya encontrando) su profesión. Este sistema obviamente da lugar a grandes diferencias de preparación y también a deficiencias académicas graves. El problema reside en que el puesto de FM es un puesto ambicionado en hospitales, puesto que representa un salario que, en promedio, es superior a la media mexicana (al ser personal ocupacionalmente expuesto reciben mayor salario). Esto da lugar a que muchas de estas plazas sean otorgadas de forma nepotista a gente sin preparación.

En la actualidad y basándonos en la información existente de las distintas sociedades de FM, así como

datos de las principales maestrías del país, Villafuerte (Brandan, 2010) y <http://www.smf.mx/~dfm-smf/>, un 25% de los físicos médicos está inscrito en otros programas de postgrado o tiene un puesto académico dedicado a la investigación, mientras que el restante 75% se dedica a labores clínicas. De los clínicos, el 75% se dedica a radioterapia, 15% a radiología clínica, 5% a medicina nuclear y 5% a resonancia magnética.

Recientemente el gobierno ha decidido que se debe requerir que todos los hospitales tengan FM. Además, será un requisito que estos tengan una preparación mínima al nivel de maestría. Finalmente, el puesto de FM ha sido equiparado al de un médico especialista con mejoramiento de salario y reconocimiento profesional. En la BUAP, en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas existe desde el año 2005 el Área Terminal de Física Médica a nivel licenciatura. También hay otras universidades que imparten asignaturas en esta área de interés como materias optativas, por ejemplo la Universidad Autónoma de Zacatecas, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad de Guanajuato y la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. También existen al menos dos universidades que imparten maestrías en Física Médica (Universidad Autónoma del Estado de México y Universidad Nacional Autónoma de México). A esto hay que añadir un proyecto de posgrado en la región sur del país en colaboración con el Centro Mesoamericano de Física Teórica. Desafortunadamente solo existe un doctorado conjunto de Física Médica y Ciencias de la Salud (Universidad Autónoma del Estado de México), pero no específicamente uno en Física Médica como tal. Hay también institutos de investigación que no tienen áreas terminales en FM pero que realizan estudios o investigación en la misma, como el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía y el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Se han creado ya sociedades que pretenden aglutinar los profesionales especialistas y contribuir a desarrollar una legislación (División de Física Médica de la Sociedad Mexicana de Física [<http://www.smf.mx/~dfm-smf/>]

como la Sociedad de Física Médica de Nuevo León [<http://www.sofimednl.org/>]). También existe la Federación Mexicana de Organizaciones de Física Médica, FMOFM, que es “la voz” del país ante la IOMP (international Organization of Medical Physics). Todas estas universidades, asociaciones e institutos impactan actualmente en la formación académica del FM en México.

Inversiones como la reciente compra de 60 aceleradores lineales por parte del gobierno también invitan al optimismo (ver sección de compras del 2012 en www.imss.gob.mx). Es más: si los hospitales contratasen al número de especialistas que realmente necesitan se crearía un buen número de puestos de trabajo en este campo. Sin embargo, falta mucho para llegar a los niveles de organización y preparación de Estados Unidos o el Reino Unido. Las consecuencias de las fallas del sistema en esta disciplina científica conllevan, desgraciadamente, a pérdidas económicas, y van en detrimento de la calidad de vida de los pacientes y de la práctica médica en general.

REFERENCIAS

- Abhinav K, Yeh FC, Pathak S, Friedlander RM & Fernandez-Miranda JC (2014). *Biochimica et biophysica acta*.
- Azhari H (2012). *Current pharmaceutical biotechnology* 13: 2104-2116.
- Brandan M (2010). *AIP Proceedings* 48: 5.
- IAEA (2010). *El físico médico: criterios y recomendaciones para su formación académica, entrenamiento clínico y certificación en América Latina*. IAEA Human Health Reports.
- IoP (2012). *Working in physics: The business of medical physics*. http://www.iop.org/careers/workinglife/articles/page_39039.html.
- Liney GP & Moerland MA (2014). *Seminars in radiation oncology* 24: 160-168.
- Wells PN, Liang HD & Young TP (2011). *Journal of medical engineering & technology* 35: 289-299.

Benito de Celis Alonso
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
BUAP
Fundación para el Desarrollo Carlos Sigüenza

Mario Iván Martínez Hernández
Eduardo Moreno Barbosa
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas
BUAP

Generación energía eléctrica con **micromáquinas**

Adrián **Herrera Amaya**
L. A. **Aguilera Cortés**
A. L. **Herrera May**

La autonomía es un requisito para la eficacia

Jack Lang

El mundo está repleto de dispositivos electrónicos, son parte de nuestra vida cotidiana y tienen una infinidad de aplicaciones. Aunque su operación depende de una batería, la cual tiene que ser recargada y posee una cierta vida útil. Un ejemplo son los marcapasos, dispositivos electrónicos que ayudan a mantener el funcionamiento del corazón, cuyas baterías tienen una vida útil de unos 6 a 15 años. Sin embargo, existe una forma de aumentar esta vida útil en gran medida mediante micromáquinas generadoras de energía.

En diciembre de 1959, el premio Nobel de física Richard Feynman impartió una conferencia llamada “Hay mucho espacio en el fondo” (*There is plenty room at the bottom*), en la que abordó el desafío de manipular y controlar cosas en una escala muy pequeña. Desde aquel entonces, el doctor Feynman

visualizó el enorme campo de aplicación para la micro y nanoingeniería, con esto inspiró a muchos investigadores a trabajar para comprender la física a una escala muy pequeña.

Un campo de aplicación de la microingeniería es la fabricación de generadores de energía eléctrica por medio de la tecnología de Sistemas Microelectromecánicos (MEMS). Esta tecnología permite el desarrollo de dispositivos con tamaños entre 1 micrómetro y 1 milímetro, los cuales incluyen elementos mecánicos y electrónicos para realizar funciones de detección, procesamiento y control de una señal. Así, los dispositivos MEMS pueden tener longitudes similares a las del grosor de un cabello humano y presentar importantes ventajas como tamaño pequeño, peso ligero, bajo consumo de energía, reducido costo de fabricación y alta sensibilidad.

Los dispositivos MEMS que son utilizados para generar energía eléctrica son equivalentes a la planta de energía eléctrica que proporciona electricidad a nuestros hogares. En este tipo de plantas se emplea un fluido para mover una turbina, que a su vez hace girar un generador que convierte la energía mecánica a eléctrica. Generalmente, en estas plantas se tienen tres tipos diferentes de máquinas: turbinas, generadores y motores eléctricos. Estos dos últimos son estructuralmente iguales, con la diferencia de que un generador transforma energía mecánica en eléctrica y el motor lo contrario.

Otras máquinas generan energía eléctrica aprovechando fuentes de energía que ya se encuentran en el ambiente, la tecnología verde a microescala. Un ejemplo son las micromáquinas que aprovechan las vibraciones mecánicas (movimientos) como en los relojes de pulsera automáticos, en los que el movimiento del brazo puede proporcionarle cuerda al reloj. Estos son una solución muy interesante para suministrar energía a dispositivos médicos como el marcapasos.

MICROFABRICACIÓN

El diseño de máquinas en la microescala es diferente a aquellas convencionales en la macroescala. Esto debido

a la existencia de nuevos fenómenos físicos que afectan significativamente el comportamiento mecánico de las máquinas fabricadas con tecnología MEMS. Generalmente, esta tecnología tiene tres diferentes procesos de fabricación: el micromaquinado en volumen, superficial, y LIGA (significa litografía, electrodeposición y moldeo). Por ejemplo, la Figura 1 muestra un micromotor fabricado en un proceso de micromaquinado superficial en los Laboratorios Nacionales Sandia de Albuquerque, Nuevo México. Este micromotor contiene dos dientes tipo cuña que permiten la rotación de un engrane central cuando las dos vigas paralelas son desplazadas en una dirección horizontal.

A continuación se establece una analogía entre la construcción de una casa y los métodos de fabricación de micromáquinas.

Primero se colocan los cimientos, una losa plana de cemento, después se deposita arena hasta obtener la altura deseada para el segundo piso. En esta capa de arena se realizan agujeros donde estarán las columnas que sostendrán al segundo piso. Posteriormente, se deposita una segunda capa de cemento para llenar los agujeros y hacer el segundo piso. Este proceso se repite para los niveles de piso deseados, y después que el cemento esté completamente endurecido, se quitará toda la arena con agua a presión. De esta forma, la arena será retirada y se obtendrá la estructura de la casa.

Ahora bien, en la tecnología MEMS, en vez de cemento se utiliza polisilicio y metales como aluminio, cobre u oro para fabricar la estructura de la micromáquina, y

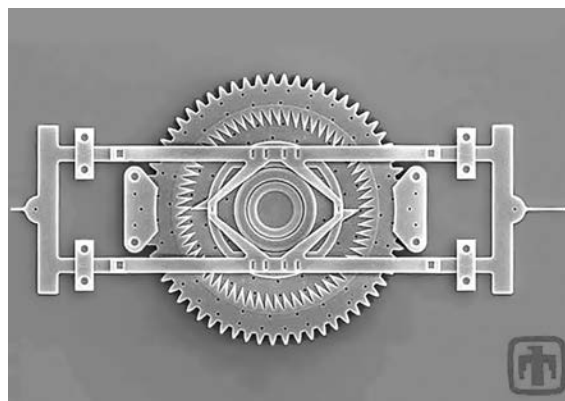


Figura 1. Micromotor fabricado en micromaquinado superficial. Cortesía de Laboratorios Nacionales Sandia, Albuquerque, Nuevo México, Estados Unidos.

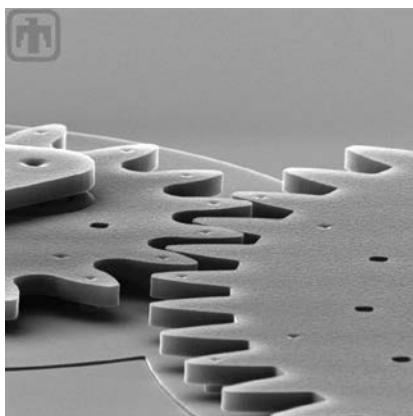


Figura 2. Microengranes fabricados en un proceso de micromaquinado superficial. Cortesía de Laboratorios Nacionales Sandia, Albuquerque, Nuevo México, Estados Unidos.

dióxido de silicio para las capas de sacrificio (la arena en la casa). Para entender la diferencia entre los tres diferentes procesos de fabricación, se explicará de manera general cada uno.

Micromaquinado en volumen. Este proceso se basa en el grabado de una oblea de silicio para obtener la forma de la estructura mecánica de la micromáquina o dispositivo. Generalmente, este grabado se puede realizar con un ataque de iones reactivos y por sustancias químicas. Con el grabado de iones reactivos se pueden generar superficies con espesores superiores a $100\ \mu\text{m}$ (espesor promedio de un cabello) y con relaciones de aspecto (longitud/espesor de la superficie) de 100 a 1.

Micromaquinado superficial. Este proceso es muy similar a la analogía de la construcción de la casa, en la cual se fabrican microestructuras mediante la deposición de capas de diferentes materiales sobre un sustrato de silicio (oblea) donde se genera y se obtiene la forma deseada mediante fotolitografía y grabado. En general, se utilizan capas estructurales y de sacrificio. Estas últimas son removidas al final del proceso de fabricación. La Figura 2 muestra detalles de los dientes de dos microengranes fabricados mediante un proceso de micromaquinado superficial en los Laboratorios Nacionales Sandia.

LIGA. Este proceso es utilizado para fabricar microestructuras con una relación de aspecto muy grande, lo cual permite microestructuras muy delgadas y altas. Esto se logra mediante un molde que comúnmente es de polimetilmetacrilato (PMMA). En un sustrato de

silicio se deposita una capa de PMMA y se usa una máscara con el patrón geométrico de la microestructura a generar, la cual es grabada con rayos X. Así, se obtiene el molde de PMMA y después se realiza la deposición del metal sobre el molde para fabricar la microestructura.

MICROMOTORES Y MICROGENERADORES

Los micromotores y microgeneradores son micromáquinas que transforman energía eléctrica a mecánica y viceversa. Estas funcionan bajo el mismo principio de los motores eléctricos convencionales usados en nuestras casas. Por ejemplo, la bomba de agua tiene motores eléctricos que operan con electromagnetismo para generar una fuerza motriz. En función de la alineación de los polos de un imán, se puede atraer o rechazar otro imán. En los motores se utiliza la electricidad para producir campos magnéticos opuestos, lo cual puede permitir el movimiento de un rotor.

Estas micromáquinas tienen dos elementos principales: un estator (estático) y un rotor (móvil). En el caso a microescala, el motor tiene un diseño más sencillo que los motores convencionales debido a que cuenta con dos discos, uno es el estator (empotrado en la base del micromotor) y el otro el rotor. En el estator se realiza la deposición de los electrodos para generar campos magnéticos, y en el rotor se utilizan polos magnéticos. En ambos se graba un microcanal en sus orillas para albergar micro-rodamientos, los cuales permiten mantener separado el rotor del estator. Así, el campo magnético producido en los electrodos puede inducir una fuerza magnética en los polos del rotor para obtener una fuerza tangencial. Con la adecuada sincronización de los electrodos se puede mantener un movimiento rotatorio en la parte móvil del micromotor (Figura 3).

Generalmente, para fabricar un micromotor se utiliza un proceso combinado de micromaquinado en volumen y superficial. Con el micromaquinado en volumen se generan los discos que integran al estator y al rotor; en el caso del estator se producen los micro-rodamientos y después se efectúa la deposición de los electrodos. En el rotor se generan los polos y el canal para los micro-rodamientos. Además, en ocasiones el rotor es

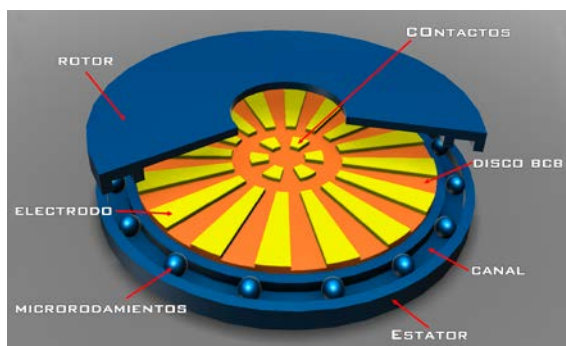


Figura 3. Elementos principales de un micromotor.

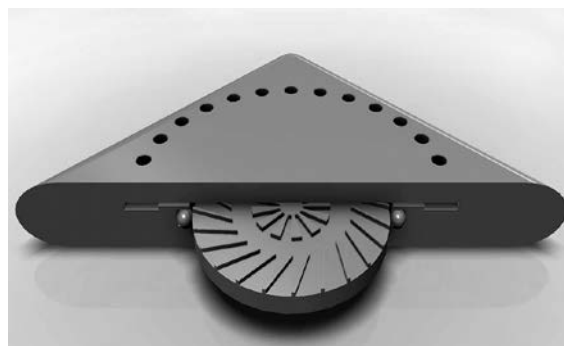


Figura 4. Dibujo en 3D de una microturbina.

protegido por una delgada capa de carburo de silicio (SiC) para reducir la fricción generada en los rodamientos y mejorar la eficiencia del motor.

MICROTURBINAS

Una turbina es una máquina que transforma la energía cinética de un fluido en energía mecánica (por torsional). Este fluido puede ser una corriente de agua, vapor de agua o aire. Para generar el movimiento del rotor, este cuenta con álabes (superficies unidas al rotor) de tal forma que el fluido en movimiento circula a través de ellos y produce una fuerza tangencial que impulsa y hace rotar nuestro eje.

Para ilustrar una microturbina (Figura 4) se explicará el funcionamiento y fabricación de una turbina de flujo radial, en la que el fluido fluye en dirección radial hacia el centro del rotor. La turbina cuenta con una parte fija que es la carcasa de la turbina y dentro de esta se encuentra el rotor. En este diseño se utilizan micro-rodamientos localizados en la periferia del rotor. La carcasa tiene orificios en su parte superior, por los cuales ingresa el fluido de trabajo, el cual gira el rotor.

La fabricación de una microturbina es más complicada que la de un micromotor; para ello se utiliza un proceso combinado de micromaquinado en volumen y superficial, para lo que se emplean dos obleas de silicio por separado, a las cuales se graba el microcanal por donde se localizarán los micro-rodamientos y después se efectuará la deposición de una capa para unir las dos obleas. Antes de unir las, se realiza la deposición

manual de los micro-rodamientos en la parte superior de la oblea. Además, se generan los álabes y los canales por donde circulará el aire. Asimismo, en la parte superior e inferior se elimina material del microcanal para liberar el rotor del resto de la estructura. Finalmente, en la oblea superior se graba un orificio central (salida del aire) y varios orificios en forma circular que serán la entrada del aire.

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Existen dos importantes métodos (electromagnético y piezoeléctrico) para transformar la energía causada por las vibraciones mecánicas en energía eléctrica. En el electromagnético se utiliza un campo magnético variable para inducir una corriente eléctrica en un material conductor (fenómeno llamado inducción); es decir, si colocamos imanes cerca de una bobina de metal (alambre conductor enrollado en un cilindro) y estos se mueven por vibraciones mecánicas, entonces se inducirá una corriente eléctrica en la bobina. En cuanto al fenómeno piezoeléctrico, se emplean materiales piezoeléctricos, los cuales presentan una estructura cristalina con una característica muy interesante. Estos cristales al ser deformados mecánicamente adquieren una polarización eléctrica que genera una diferencia de voltaje eléctrico y una corriente eléctrica.

Una micromáquina diseñada para obtener energía eléctrica aprovechando el movimiento humano recibe el nombre de microgenerador (Figura 5) y utiliza los métodos electromagnético y piezoeléctrico. La unión de ambos métodos es debida a la naturaleza de las vibraciones mecánicas relacionadas con el movimiento



Figura 5. Microgenerador propuesto para obtener energía eléctrica del movimiento humano.

humano. Este microgenerador tiene en su centro una masa vibratoria (con imanes, generalmente de neodimio), la cual es unida a un marco fijo mediante vigas flexibles (tipo resorte) de material piezoeléctrico. Además, alrededor de su centro de masa vibratoria es colocada una bobina de cobre que está unida a un marco fijo. Así, el movimiento humano permitirá la oscilación de la masa vibratoria y las vigas flexibles piezoeléctricas, lo que permitirá a su vez la generación de energía eléctrica mediante ambos métodos, electromagnético y piezoeléctrico. Podemos imaginar que este tipo de dispositivos puede proporcionar energía a un marcapasos, para lo cual solo se requeriría su conexión eléctrica a un pequeño circuito regulador de potencia y una pequeña batería para asegurar una corriente continua. De esta forma podemos suministrar energía por más tiempo al marcapasos que la proporcionada por una batería. Además, se generaría menos daño ambiental debido a que la fabricación de baterías químicas da lugar a serios daños para el medio ambiente.

Las principales micromáquinas diseñadas en tecnología MEMS son los micromotores, microgeneradores y las microturbinas. Estas micromáquinas pueden utilizarse para la generación de energía, la cual puede ser una solución al uso de baterías en los dispositivos electrónicos portátiles. Sin embargo, se necesita mucho trabajo de investigación para desarrollar una micromáquina que sustituya a una batería.

El proceso de desarrollo de micromáquinas está dividido en varias etapas. Primero, se empieza con una idea o diseño inicial de la micromáquina, para posteriormente (en una segunda etapa) ejecutar un análisis multifísico que evalúe su comportamiento

electromagnético y mecánico (desplazamientos, esfuerzos y desgaste). Estos análisis se pueden efectuar mediante modelos analíticos (cálculos realizados por el diseñador) y/o paquetes especializados de cómputo (por ejemplo, ANSYS, COMSOL, CoventorWare e IntelliSuite) basados en métodos numéricos. Con estos análisis se puede obtener un re-diseño de la micromáquina propuesta inicialmente hasta encontrar la configuración geométrica y la dimensión ideal que optimicen su funcionamiento. En una tercera etapa, se realiza en computadora el dibujo y verificación final del diseño optimizado de la micromáquina, el cual considera las reglas de fabricación del proceso de micromaquinado elegido por el diseñador. La cuarta etapa involucra la fabricación de la micromáquina en laboratorios especiales de micromaquinado. La siguiente etapa incluye pruebas del funcionamiento y confiabilidad para comprobar que cumpla con las especificaciones del diseño original. Si estas especificaciones son satisfechas, entonces la micromáquina fabricada puede ser comercializada.

La mayoría de las micromáquinas que abordamos en esta revisión han sido desarrolladas por diferentes investigadores hasta llegar a la etapa de caracterización de su funcionamiento a nivel laboratorio. Sin embargo, se necesitan más pruebas de confiabilidad para poder comercializar las micromáquinas en tecnología MEMS, lo cual representa un gran reto de investigación.

Revisando la literatura podemos encontrar micromáquinas en tecnología MEMS que pueden generar potencia eléctrica del orden de miliwatts. Entre las aplicaciones futuras de las micromáquinas se encuentran las siguientes: suministro de combustibles, suministro de energía a dispositivos electrónicos portátiles, sistemas de ecografía intravascular, cirugía en microescala, microsistemas de suministro de fármacos, endoscopía, microescáneres, microsistemas de enfriamiento, microensambles y control de los movimientos de microrrobots. Sin embargo, la mayor parte del esfuerzo hasta el momento se ha enfocado en mejorar por separado cada una de estas micromáquinas y se han obtenido avances interesantes, pero aún falta trabajar en su acoplamiento.



© Enrique Soto, *Mesa con fotografías de la Casa de los Arcos*, 2015.

Otro problema de una microplanta de generación de energía es la necesidad de microquemadores, los cuales requieren materiales adecuados para su fabricación. Un aspecto adicional es la obtención de energía por vibraciones mecánicas. Esta, por su parte, es una alternativa más viable y demandada para suministrar energía eléctrica a dispositivos electrónicos de bajo consumo de potencia, como son pequeños transmisores inalámbricos e implantes médicos.

B I B L I O G R A F Í A

Laboratorios Nacionales Sandia. <http://www.sandia.gov/mstc/mems/>

Laboratorio de Nanofabricación de la Universidad de Utah. https://www.nanofab.utah.edu/video/watch_video.php?file=MEMSmovie_0002.flv.

Arnold DP, Das S, Cros F, Zana I, Allen MG, Lang JH (2006). Magnetic induction machines integrated into bulk-micromachined silicon. *Journal of Microelectromechanical Systems* 15(2): 406-414.

Ghalichechian N, Modafe A, Beyaz MI, Ghodssi R (2008). Design, Fabrication, and Characterization of a Rotary Micromotor Supported on Microball Bearings. *Journal of Microelectromechanical Systems* 17(3): 632-642.

McCarthy M, Waits CM, Ghodssi R (2009). Dynamic Friction and Wear in a Planar-Contact Encapsulated Microball Bearing Using an Integrated Microturbine. *Journal of Microelectromechanical Systems* 18(2): 263-273.

Adrián Herrera Amaya
herreraugto@gmail.com

L. A. Aguilera Cortés
División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca
Universidad de Guanajuato

A. L. Herrera May
Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología
Universidad Veracruzana

Las comunicaciones en la **Reforma**

Leopoldo **Noyola**

En 1853, año de la primera comunicación telegráfica en México, el presidente Mariano Arista deja el poder tras un periodo completo de tres años en el cual no sufrió intentos de golpes de estado ni proclamaciones y concluyó su periodo presidencial, algo que no ocurría desde Guadalupe Victoria. Además de inaugurar la primera línea telegráfica, Arista otorgó la primera concesión para la construcción del ferrocarril en ruta México-Veracruz e intentó impulsar la minería, la agricultura y la incipiente industria mexicana, pero con el país en bancarrota poco más pudo hacer. La República estaba profundamente dividida. Desde ese momento, hasta la victoria de Benito Juárez sobre el imperio de Maximiliano en 1867, México verá pasar a cuatro presidentes y un emperador que tratan de gobernar un estado de cosas evidentemente ingobernable; en ese periodo también vemos el enésimo retorno del caudillo Santa Anna y su derrota final a raíz de la proclamación del Plan de Ayutla.

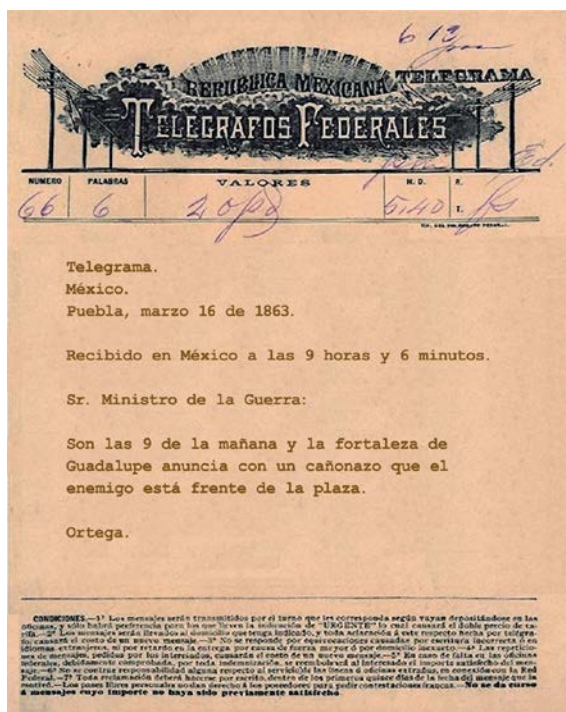


Figura 1. Telegrama de Puebla recibido en México a las 9:06 hrs., Puebla, marzo 16 de 1863.

Dividido entre dos bandos, el telégrafo sirve —es un decir— tanto a conservadores como a liberales que se proclaman gobernantes simultáneos del mismo país. Aquí, el primer instrumento de telecomunicaciones eléctricas es objeto de todo tipo de disposiciones encontradas y continuos sabotajes. Las divisiones de la sociedad mexicana, junto a la histórica desigualdad y la mala distribución de la riqueza, se dejan sentir a través de actos vandálicos y sabotajes contra toda clase de instalaciones estatales.

Por paradojas de la modernidad, el telégrafo representaba un gran avance en el progreso humano, pero también vino a echar por tierra a una cantidad de negocios lícitos e ilícitos que estaban sustentados, precisamente, en una mala comunicación, pues los correos tardaban, cuando las diligencias en las que iban no eran asaltadas, varias semanas en llegar a su destino y todo funcionaba con histriónica lentitud; por poner un ejemplo, imaginemos la circulación de capitales familiares, el padre manda dinero a un miembro de la familia que está al otro lado del país. Si el portador del capital llega sano y salvo a su destino ¿será tiempo aún de intervenir

en el negocio? El telégrafo, junto al ferrocarril, inaugurados en 1851, pero funcionales mucho tiempo después, llegan a romper con una tradición comercial y financiera basada en una lenta y pausada comunicación, lo que quiere decir que llegan a modificar costumbres y formas de pensar, mentalidades algo medievales que habrán de ponerse —literalmente— las pilas (electrostáticas, recientemente inventadas por Alessandro Volta) para poder funcionar.

Debe pensarse en los perjuicios causados a una clase comercial hegemónica que sufre las consecuencias de una comunicación expedita que transforma sus esquemas de distribución, de cobranza y pago, modificando asimismo las costumbres de consumo de la población; y también se debe descubrir quiénes fueron los beneficiarios de esta nueva situación comunicadora: una clase moderna de comerciantes, una naciente burguesía comercial que rompía los mecanismos tradicionales reinantes en las relaciones económicas internas y externas del país; una generación de inversionistas, muchas veces llegada de los Estados Unidos, como fue el caso del introductor del telégrafo Morse, Juan de la Granja, residente en Nueva York por dos décadas, que aprendía a capitalizar sus riquezas con los esquemas copiados en las exitosas y florecientes sociedades burguesas del siglo XIX. Pero bueno, menos optimismo, recordemos que a mediados del siglo XIX México vivía una de sus peores crisis políticas, económicas y sociales desde su independencia, cuando de manera más clara estuvimos a punto de desaparecer como país, pues como república desaparecimos durante cuatro largos años.

El telégrafo, pues, era uno de los chivos expiatorios, una empresa que tenía que mostrar su efectividad en medio del caos y que en consecuencia no tuvo un comienzo prometedor. En 1854 la red de telégrafos cuenta con 608 kilómetros de líneas instaladas, cinco oficinas públicas, once empleados e ingresos superiores a los 10 mil pesos anuales; por su parte, los gastos de reparación de líneas destruidas, renta de locales y salarios casi llegan a los 20 mil.

En este año —dice don Pedro Maldonado Olea en su *Resumen Histórico del Telégrafo en México*— tuvo la empresa un deficiente de \$30,000. Hasta entonces no había

podido obtener utilidades en razón de que las convulsiones políticas entorpecían toda clase de negocios.¹

Como se ve, no era aún un buen negocio. De hecho, faltaba mucho para que lo fuera. Por primera vez, costosas y delicadas instalaciones eran desplegadas a lo largo de kilómetros sin posibilidad de vigilancia; alambre de cobre nuevecito, de alta calidad, que resultó excelente para la elaboración de ollitas y cazuelas, aretes y artesanías. ¡Y tanto! Kilómetros y kilómetros. Por otra parte, era urgente evitar que los liberales se comunicaran; o que lo hicieran los conservadores; o que se supiera del abuso, del despojo, del asesinato. Fue la primera red social que, como ahora, interfería en la privacidad. Las noticias sobre destrucciones de líneas son prácticamente las únicas que se publican sobre el telégrafo durante el primer lustro de los años cincuenta. Dice *El Siglo Diecinueve* en su edición del 22 de mayo de 1855:

[...] El Telégrafo. Desde el día nueve se interrumpió la comunicación con Guanajuato. Se restableció ayer a las ocho de la mañana y hubo que reponer los alambres unas 3 leguas.

El 12 de julio el mismo diario hace un enérgico llamado para que cesen los robos de alambre por el rumbo de Puebla. Oficialmente, el gobernador de dicho Departamento conmina a la opinión pública para que “cese en sus desmanes”. *La Verdad*, el 31 de agosto de 1855, dice al respecto:

Desde hace mucho tiempo oímos al público lamentarse de las frecuentes interrupciones de las comunicaciones telegráficas: informamos la causa, hemos llegado a saber que generalmente depende de que personas mal intencionadas cortan los hilos, perjudicando al comercio, a las empresas y al público en general. El dejar impunes estos delitos —abunda *La Verdad*—, puede hacer además de los males que hoy causen, el gravísimo de que no se puedan establecer otras líneas, pues que mirándose los interesados en estas mejoras abandonados y sin protección de la autoridad, no expondrán sus intereses para contribuir al engrandecimiento del país, estableciendo nuevas líneas.

William Stewart, heredero de Juan de la Granja, quien después será un destacado empresario de la línea ferrocarrilera a Veracruz, no escatimó esfuerzos por sacar alguna ventaja a esta fallida empresa telegráfica que de tan avanzada no permitía ya a los inversionistas dar marcha atrás. Por el momento andaba tramitando la instalación de una línea México-Toluca. También, algunas regiones del interior se distinguían por establecer telégrafos en sus localidades, tal es el caso de Saltillo, Coahuila, hacia septiembre de ese fatigoso año de 1855. Stewart puso una línea “por su cuenta” de la capital a la Villa de Tacubaya, con el objeto de “alentar el proyecto de la de México a Toluca”, según cuenta *El Monitor Republicano* del 16 de septiembre. La idea de Stewart no solo era comunicar la ciudad de Toluca, pensaba seguir el trayecto de Toluca a Morelia, de ahí a Zamora y de esta última a Guadalajara. *El Monitor Republicano* hace un llamado al público para que colabore en este “estimable” plan, dice:

La actividad que demuestra el Sr. Stewart es digna de que su proyecto, que es de tanta importancia para el país, tenga la acogida que merece, los que se interesan en el adelanto de la República deben tomar acciones para que pueda realizarse el pensamiento del Sr. Stewart. Las ventajas que el país recibirá son inmensas y esas mismas ventajas las han de reportar en lo particular los que tomen parte en la mencionada empresa. La oficina de la línea (a donde podían acudir a comprar acciones los interesados) se ha establecido en la Agencia Americana, esquina de la Monterilla y San Agustín, y en Tacubaya en la calle principal.²

Tan entusiastas llamados no podían ser desoídos por la población y menos por el gobierno. Cuatro días después de esta nota, el señor Plutarco González, gobernador del Estado de México, ofrece su cooperación “en cuanto le sea posible al establecimiento de una línea telegráfica entre México y Toluca”.³ Y para el 10 de octubre, William Stewart, “con la actividad que le es genial”, en palabras de *El Monitor Republicano*, tiene ya la mayor parte de los árboles que le servirán de postes para la línea hacia Toluca, y ya encaminados hacia el

éxito de lo que vislumbra como el reflorecimiento de la empresa, propone en esa misma edición “el establecimiento de una línea telegráfica de México a Cuernavaca, y ofrece comenzarla tan luego como haya algunos accionistas.”⁴ Al día siguiente se informa la disposición de que, “sin pérdida de momento”, se establezca esta línea para la que el señor Comonfort, “por parte del Gobierno”, auxilia a la empresa con ocho mil pesos.⁵

El Monitor es el vocero del gobierno republicano, el canal por donde esta fracción que comparte el poder sobre los mexicanos externa sus preocupaciones y deseos. En su edición del 28 de octubre se queja de los destrozos que “algunos indígenas” ocasionan a las líneas telegráficas:

[...] sentimos que algunos indígenas se entretengan en cortar el alambre. Para evitar esos abusos que redundan en perjuicio de la empresa y del público, debe castigarse con rigor a todo el que cometa aquella clase de atentados.⁶

Pero 10 días después, el 7 de noviembre, dice al respecto que el señor Stewart ha puesto celadores en los postes debido a “que algunos perversos están a cada momento destruyendo alambres”, pero que parecen estar de acuerdo con los celadores,

[...] pues el mal no ha cesado. Llamamos por tanto la atención del supremo gobierno para que tome parte en evitar que se cometan tales maldades, pues de lo contrario se enfadarán las personas que tienen interés en esas empresas. Sabemos que el Sr. Stewart intenta suprimir la línea de que hablamos, si no logra contener el mal que se le está causando.⁷

Sin embargo, Stewart, lejos de pensar en serio dichas amenazas, se esforzaba por poner en práctica otros proyectos en los que no estaba directamente relacionada la Ciudad de México. Por lo pronto, por estas fechas logró la autorización del gobierno para una erogación de 65,000 pesos para tender una línea de León a San Blas, pasando por Guadalajara, y otra de León a Ciudad Victoria, pasando por San Luis Potosí.

El año 1856 inicia con la noticia de la aprehensión del jefe de los reaccionarios de apellido Guitián, que resultó falsa, motivo por el cual el periódico *El Republicano* se pregunta hasta qué punto pudiera comprometer a la paz pública un cable enviado por una persona cualquiera, firmado con el nombre que convenga a sus intereses, donde se diga algo que no es cierto y que puede tener enorme importancia por los acontecimientos políticos que pudiera suscitar. Opina que habrán de tomarse medidas y, aunque reconoce no tener ninguna idea, recomienda al gobierno que actúe para que

[...] en el telégrafo no se abuse de la fe y de la credulidad. Creemos, sin embargo —abunda—, que es de meditar este asunto, y lo recomendamos muy especialmente al supremo gobierno.⁸

El supremo gobierno no tuvo idea de cómo evitar este problema, y no la tuvo nadie, pues como se reconocería después, este era un punto flaco del sistema teleográfico que no tenía solución. Y en consecuencia habría de seguirse usando el servicio con un dejo de buena voluntad en la credibilidad de los mensajes, corriendo el riesgo, bien posible, de que el remitente no fuera quien decía que era, y el dueño verdadero de la firma, así como su despistado destinatario, sufrieran las consecuencias del engaño. A 160 años de telecomunicaciones eléctricas en el mundo, parapetados ya en el Internet, ese asunto sigue relativamente latente, es decir, cualquiera puede abrir un perfil de Facebook, un blog o de correo electrónico con el nombre que le apetezca. Y se puede hacer poco, o nada, por evitarlo.

Mientras tanto, Stewart seguía plantando postes por el Desierto de los Leones, allá por Cuajimalpa, encaminado a Toluca. El gobierno del estado publicó las bases para el establecimiento de la empresa, de nueve puntos, entre los que resaltan el capital total de dicha compañía, que sería de cien mil pesos, representado por acciones de cien pesos, medias acciones de cincuenta y cuartas de veinticinco.⁹ Para el 17 de febrero de 1856, habían sido tomadas ya cincuenta y un acciones de cien pesos cada una para la línea México-Toluca-Morelia, y el 19 se informó que la capital del país ya estaba concentrada con la del Estado de México y empezaba a cruzarse información con regularidad.

Sin embargo, *El Republicano* muestra extrañamiento al descubrir que en la lista de accionistas “no se halle al supremo gobierno, el cual bien puede tomar diez o veinte acciones para proteger ese ramo de utilidad pública.”¹⁰ Este mismo diario publica la lista de accionistas que “hasta ahora han contestado a la invitación” de formar la empresa telegráfica. Entre los veintisiete accionistas se cuenta a los gobiernos de los estados de México y Michoacán, al propio gobernador del Estado de México, Plutarco González, de manera particular; cinco licenciados, 17 civiles, entre ellos una mujer y un cura: el de Ixtlahuaca, Pbro. Luis G. Suárez. Los gobiernos tomaron 18 y 10 acciones, respectivamente, el gobernador y uno de los licenciados cinco; los demás entre una, media y cuarta acción cada uno. Las aportaciones, por tanto, fueron de 25 a 1,800 pesos.¹¹

El “supremo gobierno” se vio en la necesidad de responder la nota crítica de *El Republicano*, que se extrañaba de no verlo entre los accionistas, alegando haber tomado 15 acciones el 12 de febrero a favor del Ministerio de Fomento, que por alguna razón el diario no había tomado en cuenta.

El gobierno de Michoacán formó una comisión integrada por los señores Manuel Elguero, Agapito Solórzano, Carlos Valdevinos y Onofre Calvo Pintado,

[...] para que promueva todo lo que les parezca conducente a fin de que se realice tan importante mejora que tanta influencia debe tener en el estado para las relaciones de cualquiera naturaleza y principalmente para las comerciales.¹²

En notas separadas del *El Heraldo*, el 19 de marzo, y de *El Republicano* el 20, William Stewart informa que se han transmitido en el último mes por la línea México-Toluca-Morelia, seis mil doscientas cuarenta y cuatro palabras, produciendo \$253.56 pesos, “lo que tengo el honor de participar a los señores accionistas”. Don Pedro Maldonado Olea, menos entusiasta cuando trata sobre aquellos años de 1858 y 59, dice en su crónica: “La revolución que asolaba el país había destruido las líneas telegráficas. Las de Guanajuato y León acaban de sufrir pérdidas que se estimaron en 31,000.”¹³

En 1859, en el bando de los conservadores, el presidente Miramón prorrogó al Sr. Viya y Cosío por 25

años el privilegio para construir líneas y decretó un impuesto de 5% a las importaciones para fomento del telégrafo. El movimiento de mensajes en la oficina de México era entonces de 250 al mes.

El telégrafo pasó crisis tremendas. La línea de Veracruz, destruida constantemente por los revolucionarios, había sido repuesta tres veces; pero como continuaran las depredaciones, pues utilizaban el alambre para obras de fortificación, se abandonó, quedando interrumpida por espacio de cinco años. Nuevamente se reconstruyó y una vez más se le causaron graves perjuicios. La empresa había agotado ya su capital en las reparaciones, y además no tenía ingresos porque el gobierno impidió, durante largas temporadas, que el público hiciera uso del telégrafo; únicamente se expeditaban los mensajes oficiales. Así de grave estaba la cosa.

Como compensación por este servicio —explica Maldonado Olea—, el gobierno ofreció a la empresa que le daría 80 pesos diarios cuando ocupara las líneas, sólo que no pasó del ofrecimiento porque no tuvo fondos para hacer el pago. En 1863 debía al telégrafo, según las cuentas atrasadas desde 1855, la suma de \$58,540, además de \$11,294 que se vio obligado a tomar del fondo del 5%. Sin tener en consideración lo anterior, la Regencia del Imperio exigió a la empresa que le diera comunicación telegráfica y que tendiera más líneas, y trató, por fin, de anularle el privilegio, como lo hizo después.¹⁴

Bajando de tono el entusiasmo, y bajando de años, pues don Pedro Maldonado nos adelantó bastante, el 5 de marzo de 1861 *El Constitucional* publicó una extraña nota de protesta de un grupo de telegrafistas que dice:

El día de ayer insertamos en la sección de remitidos, por habérsenos mandado para su publicación, una representación que dirigen los empleados de telégrafos para que se devuelva a su dueño la oficina que ha estado como secuestrada desde la entrada de las fuerzas liberales a esta capital. Como las razones en que se funda esta representación son, a nuestro juicio, dignas de consideración, recomendamos al supremo gobierno la determine con la justicia que ello merece.

Ese año, desde el bando liberal, Benito Juárez hace una serie de importantes reformas a la administración pública. Reduce a cuatro sus ministerios, quedando las comunicaciones incluidas en la Secretaría de Justicia, Fomento e Instrucción Pública, bajo el mando Ignacio Ramírez, el célebre “Nigromante” liberal. El 4 de mayo lanza un decreto “para el fomento y mejora de las líneas telegráficas”, consistente en seis artículos:

Art. 1. Para el fomento, mejora y extensión de las líneas telegráficas, se establece una contribución sobre todos los estanquillos y tiendas donde se expendan tabaco labrado, en rama o en polvo. Art. 2. La base de esta contribución se tomará del capital en giro en cada una de las negociaciones; Art. 3. Cada uno de los referidos establecimientos pagará una cuota mensual de uno, dos, diez, quince o veinte pesos, según la categoría en que esté colocado; Art. 4. Tres personas pertenecientes al ramo, nombradas por esta Secretaría para la Capital y el Distrito, formarán una junta calificadora, que con presencia de las manifestantes hechas por los interesados determinarán la cuota que cada uno deba satisfacer. Si ningún documento se presentase a los calificadores, éstos resolverán por sí y su fallo no tendrá apelación; Art. 5. En cada uno de los estados los Agentes del Ministerio de Fomento harán el nombramiento de la junta, la cual tendrá las mismas atribuciones que la de la Capital; Art. 6. Este impuesto se cobrará por los Agentes de Fomento en sus respectivas demarcaciones, por meses adelantados, y se les concede para gastos de cobranza un ocho por ciento. Por tanto, mando se impriman, publiquen, circulen y observen. Palacio Nacional de México, a 4 de mayo de 1861. Benito Juárez al C. Ignacio Ramírez, Ministro de Justicia, Fomento e Instrucción Pública.¹⁵

Del lado conservador Ignacio Comonfort, habiendo observado que el antiguo sistema de medición, basado en leguas y varas tenía el “defecto de ser enteramente arbitrario”,¹⁶ lanza una “ley fundamental” para la adopción del sistema métrico decimal. Diez años después, como no fue “enteramente adoptado” este sistema, según el ministro imperial Luis Robles Pezuela en su *Memoria* de 1865, es decir, que nadie lo tomó en cuenta

o que nadie lo entendió, Maximiliano expidió “la nueva ley de pesos y medidas, poniendo en vigor el sistema métrico-decimal desde el 1º de enero de 1867”. Adelantando acontecimientos, sabido es que Maximiliano de Habsburgo fue finalmente derrotado por los republicanos, instalándose de nueva cuenta Benito Juárez en el poder. No se sabe si por haber sido una decisión de los conservadores, avalada después por el Imperio, o porque aún no hubo condiciones para entender el sistema métrico decimal, la ley de Maximiliano tampoco fue acogida ni por la población ni por el propio gobierno, pues todavía avanzado el Porfiriato las distancias en las *Memorias del Ministerio de Fomento* guardaban fidelidad al “enteramente arbitrario” sistema de varas, leguas y pies.

No fue la única iniciativa imperial que se encaminó decididamente al fracaso. La concesión que Miramón había otorgado a Viya y Cosío en 1859, por 25 años, causaba el inconveniente de no poder construir una sola línea más sin su autorización, pues era de este caballero el “privilegio exclusivo” para establecer telégrafos “en toda la República”, lo que significaba algo más o menos como estar a merced de lo que Viya y Cosío dispusiera sobre el particular.

Las protestas no se hicieron esperar y desde 1861 hubo una campaña periodística y oficial contra la exclusividad del privilegio en un territorio tan grande como México. A la llegada de Maximiliano, la concesión ya cobraba visos de escándalo y este se vio precisado a “conminar” al privilegiado a que “permitiera hacer nuevas concesiones, a reserva de arreglarse después la indemnización que por ello V. M. crea justo concederle.”¹⁷ Don Pedro Maldonado Olea sugiere que la petición fue mucho menos oficiosa, y el ministro imperial Robles Pezuela sencillamente le “anuló el privilegio”, luego de una campaña orquestada contra Viya y Cosío por el periódico *Le Estaffete*; sin embargo, fue tal su incapacidad para “adueñarse” de las líneas telegráficas, como se lo había pedido Maximiliano, que es de presumirse que el poderoso Viya y Cosío hizo largas negociaciones con el Estado de las que no salió del todo mal librado.

El gobierno de Maximiliano se interesaba sobre todo en adquirir sus propias líneas. El emperador había pedido al ministro Robles Pezuela que estudiara la posibilidad de que el gobierno fuera propietario de las líneas telegráficas con el objeto de ganar control en las

provincias. Robles Pezuela interpretó equivocadamente una “orden de adueñarse” por cualquier vía de las líneas, y únicamente se concretó a estudiar cuánto costaría al gobierno instalar una red propia de líneas telegráficas (lo que hizo Juárez posteriormente fue “federalizar” los telégrafos, sin importar si sus dueños querían o no vender), resultando de esto la insolvencia financiera para emprender una acción de tal magnitud.

El ministro respondió:

No siendo posible construir inmediatamente las líneas del gobierno y teniendo mayor importancia que se establezcan en el mayor número posible, se arreglaron con los particulares [...] varias concesiones bajo bases favorables [...], siempre con la condición de que el Gobierno pueda comprarlas.¹⁷

Robles Pezuela informó haber concesionado a Carlos C. Clute para tres líneas telegráficas: una de Guanajuato-San Luis Potosí- “El Saltillo”- Monterrey-Matamoros; otra de Matamoros-Ciudad Victoria-Tampico-Tuxpan-Veracruz, y otra de San Luis Potosí-Aguascalientes-Zacatecas-Fresnillo-Sombrerete-Durango. El plazo concedido fue de un año para la primera, y de dos para las otras. Y por aquello de que “la ambición mató al gato”, el ministro se apuró a comentar: “Tengo noticias positivas de que cuenta con los elementos necesarios para cumplir su compromiso.”¹⁸ Se concesionó a Carlos J. Arnoux “como representante de varios capitalistas de New York”, las líneas México-Toluca-Morelia-Zamora-LaBarca-Guadalajara-Tepic-San Blas-Mazatlán-Culiacán-Guaymas-San Francisco, este último punto de la Alta California; Mazatlán-Cuencamé-Parras-Villalomas-Cerralvo-Camargo-Durango, y entre Manzanillo y Guadalajara, poniéndole un plazo de cuatro meses “para presentar la conformidad de las personas que representa”.¹⁹ Y por último, por si a Maximiliano le quedara duda de la imposibilidad de adueñarse del telégrafo, la concesión otorgada a Rodrigo Rincón para dos líneas: de Lagos a Aguascalientes y de Lagos a San Luis Potosí, pasando por sus haciendas de Juachi e Ibarra. Se le dio ocho meses para la primera y dieciocho para la segunda,²⁰ ante lo cual Maximiliano, arrinconado, respondió que aunque el telégrafo debía pertenecer al Estado, “no hay inconveniente en que sean construidos por Compañías,

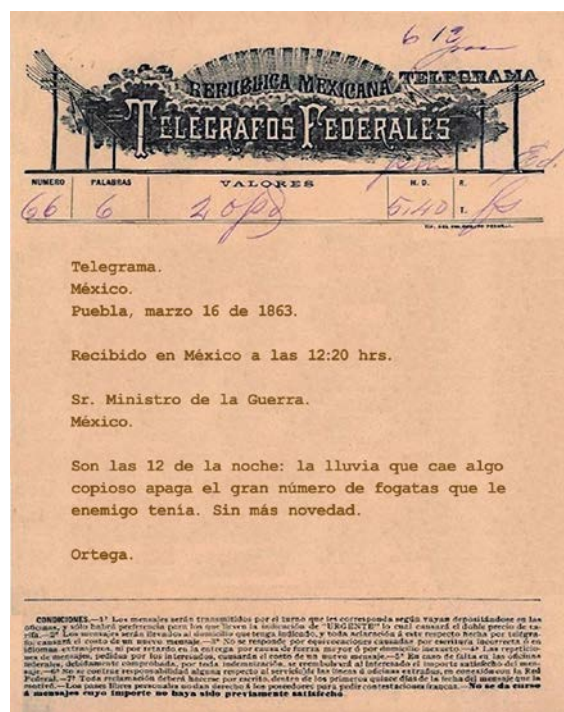


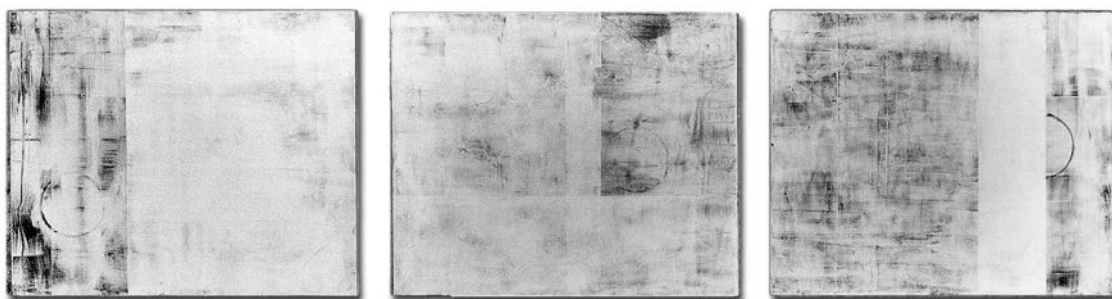
Figura 2. Telegrama de Puebla, recibido en México a las 12:20 hrs., marzo 16 de 1863.

a las que después les compre el Gobierno.”²¹ Y en su cometido por dejar claro que “el Gobierno es el único que puede construir líneas telegráficas en el Imperio”, y solo cuando “lo considere conveniente, dará permiso a algún individuo o compañía para que lo haga”, ordenó a Robles Pezuela la elaboración de un documento que no dejara dudas en la legislación del sistema telegráfico.²²

Se originó el documento, que sin duda fue la principal obra de Maximiliano en materia de comunicaciones eléctricas, pues es el primer reglamento en la historia mexicana de un sistema de telecomunicación en donde se incluye la totalidad de sus mecanismos técnicos y administrativos, que serviría de prototipo a los que le siguieron, implementando bases definitivas que se observaron hasta el final de su historia, cuando fue oficialmente clausurado en 1992.

Maximiliano deja el gobierno con solo dos líneas funcionando: una de México a Veracruz,

[...] con un pequeño ramal del Palmar a San Andrés Chalchicomula, de la propiedad del señor Viya y Cosío, y otra de esta misma Capital a Guanajuato, propiedad



del Sr. Muñoz Ledo. Ambas estaban comprendidas en el antiguo privilegio de líneas telegráficas de 1849, prorrogado por el gobierno del general Miramón el 10 de mayo de 1859 al referido Sr. D. Hermenegildo de Viya y Cosío, como concesionario de la testamentaria de D. Juan de la Granja.²³

A la caída de Maximiliano en 1867 el telégrafo está en su más precaria condición. Las líneas federales aparecen en el paisaje mexicano como un ejemplo de barbarie. Benito Juárez, Lerdo de Tejada, Porfirio Díaz –por primera vez– y Manuel González, a pesar de su preocupación, poco fue lo que pudieron hacer. Los franceses estaban fuera, esto era cierto, pero quedaban los incorrectos nacionales. Y ellos también tumbaban líneas.

No obstante, es en esta época cuando el telégrafo empieza su resurrección, aunque sus resultados, en un ambiente de levantamientos, revueltas indígenas, invasiones y amenazas extranjeras, hayan sido prácticamente insignificantes. Sin embargo, hay indicios de su preocupación. Dice don Luis González y González en la *Historia General de México*:

Movidos por una fe ciega en la capacidad redentora y lucrativa de las modernas vías de comunicación, los gobiernos de Juárez y Lerdo dedicaron a construir las lo mejor de sus esfuerzos. Antes se habían instalado mil ochocientos setenta y cuatro kilómetros de líneas telegráficas. En la década comprendida entre 1867 y 1876 se tienden más de siete mil kilómetros. Además, se restauran viejos caminos carreteros y se abren otros, y se vuelve costumbre el servicio de diligencias entre las mayores ciudades de la república. Por otra parte, se renueva la concesión a la compañía constructora del

Ferrocarril México-Veracruz con más franquicias para los constructores que las negociadas por Maximiliano.²⁴

REFERENCIAS

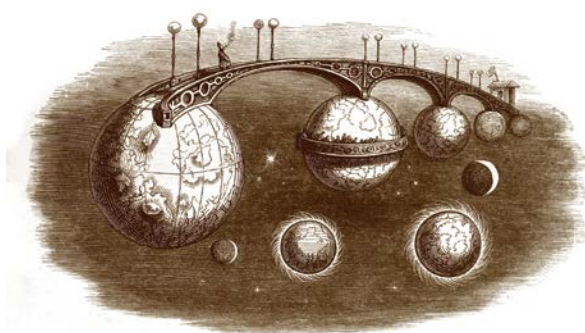
- ¹ Maldonado Olea P. Resumen histórico del telégrafo en México (S/F). Original propiedad del Grupo de Investigaciones Históricas y Museo de las Telecomunicaciones (p. 1).
- ² *El Monitor Republicano* (2933), 17 de septiembre de 1855, año X (p. 3).
- ³ *El Monitor Republicano* (2937), 21 de septiembre de 1855, año X (p. 4).
- ⁴ *El Monitor Republicano* (2956), 10 de octubre de 1855, año X (p. 3).
- ⁵ *El Monitor Republicano* (2957), 11 de octubre de 1855, año X (p. 4).
- ⁶ *El Monitor Republicano* (2974) 28 de octubre de 1855, año X (p. 4).
- ⁷ *El Monitor Republicano* (2983) 7 de noviembre de 1855, año X (p. 3).
- ⁸ *El Republicano*, 11 de enero de 1856.
- ⁹ *El Monitor Republicano* (3076), 8 de febrero de 1856, año XI (p. 2).
- ¹⁰ *El Republicano*, tomo I, año II, No. 147 del 19 de febrero de 1856 (p. 4).
- ¹¹ *El Republicano*, 20 de febrero de 1856.
- ¹² *El Monitor Republicano* 3093, 25 de febrero de 1856, año XI (p. 3).
- ¹³ *El Herald* 748, 19 de marzo de 1856, año III (p. 3) y *El Republicano* 173, 20 de marzo de 1856, tomo I (p. 4).
- ¹⁴ Maldonado Olea P. Resumen histórico del telégrafo en México, original propiedad del GIHMT (pp. 1 y 2).
- ¹⁵ Dublán y Lozano, Legislación Mexicana, Tomo IX, edición oficial (pp. 188-189).
- ¹⁶ Robles Pezuela L., ministro de Fomento (1865). Memoria de la Secretaría de Fomento a Maximiliano I (p. 3).
- ¹⁷ Memoria de la Secretaría de Fomento, *Ibid* (p. 93).
- ¹⁸ Memoria de la Secretaría de Fomento, *Ibid*, Documento 50 (pp. 93-94).
- ¹⁹ Memoria de la Secretaría de Fomento de la Secretaría de Fomento, *Ibid*, Documento 51 (p. 94).
- ²⁰ Memoria de la Secretaría de Fomento, *Ibid*, Documento 52 (p. 94).
- ²¹ Memoria de la Secretaría de Fomento, *Ibid* (p. 469).
- ²² Memoria de la Secretaría de Fomento, *Ibid*, Documento 35 (pp. 475-476).
- ²³ Memoria de la Secretaría de Fomento, *Ibid*, Documento 47 (p. 92).
- ²⁴ González y González L. (1981). El liberalismo triunfante. En *Historia General de México* (tercera Ed., tomo II, pp. 921-922), El Colegio de México.

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



Recoger **porcelana** allí donde había **ARCILLA** enterrada

Horacio **Berra**



Jean Ignace Isidore Gérard Grandville, *Le pont des planètes*, 1844.

En su ensayo *El anillo de Saturno o algunas anotaciones sobre el hierro y la construcción*, Walter Benjamin se refiere a una ilustración de 1844 del caricaturista Jean Ignace Isidore Grandville titulada *Le pont des planètes* la que se muestra a un pequeño duende paseando a lo largo de un puente que conecta distintos planetas entre sí. En su camino por el espacio, el duende se aproxima a Saturno, donde nota “que el anillo que rodea a ese planeta no era otra cosa más que un balcón circular desde el cual los habitantes de Saturno deambulan durante la noche en busca de aire fresco”.

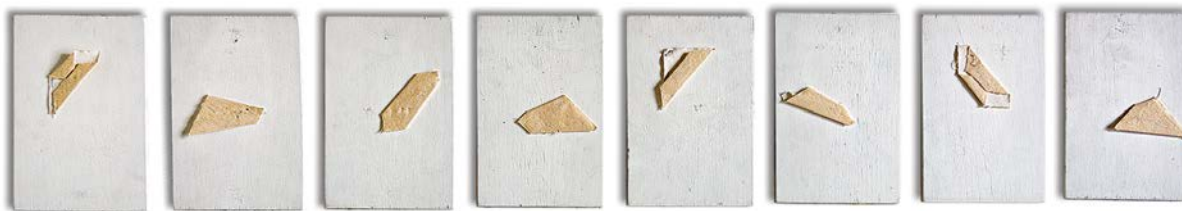
La conexión entre el vagabundeo y el planeta de la melancolía no es enteramente una casualidad. Ante el espacio abierto, ese “vacío feliz”, que decía Claudio Magris, los paseantes de Saturno brincan con la mirada de una estrella a otra, de un punto luminoso a una zona oscura, de una esfera en movimiento a una explosión lejana, convocando lo disperso y fragmentario en una reflexión sostenida sobre el paso del tiempo. Italo Calvino lo describió de la siguiente manera: “la búsqueda de lo indefinido se convierte en la observación de todo aquello que es múltiple, etéreo, compuesto por innumerables partículas”.

Calvino encuentra el placer de errar una guía hacia la exactitud pues es una manera altamente poética de aproximarse hacia las cosas. Entre la complicidad del objeto y uno, se cuela una forma de compasión activa. Por un lado, al observar los restos, ruinas y trozos de una antigua civilización atestiguamos la máscara pétrea de la muerte; por el otro, una sustancialidad desconocida espera ser reorganizada. La fracturación de una secuencia es el inicio de un nuevo montaje a partir de los materiales que se encuentran a la mano. Aquel que construye, sabe que es la materialidad y no únicamente la referencialidad lo que legitima una estructura. La “objetividad” de una imagen o de una pieza arquitectónica encuentra resonancia en su capacidad de evocar la palpabilidad. Es en su materialidad que “el drama de la creación”, como lo llamó Paul Valéry, cobra sentido.

Al oeste de la prefectura de K'i, a setenta “li” (500 metros o 1,640 pies) de distancia de la subprefectura de Long, existe una gruta llamada La caverna de los dragones y los peces. Adentro de ella se localiza una piedra que a veces es de tamaño grande y a veces muy pequeña. Si uno la rompe e intenta explorar su interior, podrá ver figuras que asemejan a dragones y a peces.

Aquellos que pasan por esta caverna dejan de hablar. Se dice que escuchan ruidos de truenos y de tempestades y que quedan paralizados por el terror. Ningún hombre entiende estos ruidos (Roger Caillois).

La memoria y el paisaje activan los sentidos. Como un arqueólogo que se abre paso entre las diferentes capas geológicas trayendo a la luz los más diversos objetos, así el hombre con disposición melancólica asocia lo que le aparece cercano con aquello que se asoma en la distancia, mostrándolo con un brillo distinto, dotándolo de un voltaje propio, otorgándole, si vale, una nueva memoria. En el siglo XIX, el geólogo británico Charles Lyell señaló que los fósiles son antiguos monumentos de la naturaleza escritos en un lenguaje viviente, y que la paleontología, al igual que la geología, servían



© Gianni Capitani, *Esquinas*, 2006.

para enseñarle a la gente a leer el paisaje como un libro de historia por todo aquello que podía contar sobre el pasado. El académico Kurt W. Foster, por su parte, ve en los procesos geológicos una metáfora para hablar sobre la memoria. Foster apunta que en el crisol que se encuentra dentro de la corteza terrestre se despedazan y cristalizan moldes bajo el movimiento de continentes enteros que conservan sus microhistorias dentro de piedras congeladas en un proceso extremo de combustión. “Quien sigue las huellas de esta ‘escritura de la naturaleza’, sostiene entre sus manos en forma de joyería lo que bajo condiciones extremas de calor fue triturado en las cámaras de presión de la tierra”. Así se originó el mundo y de la misma manera seguirá transformándose, continúa. De igual modo, el hombre, a partir de los recuerdos (esas microhistorias contenidas en una cáscara aún por cortar, tallar, limpiar) desentierra aquello que permanecía inerte y convierte el acto de la memoria en un proceso de cristalización donde lo oculto vuelve a la superficie bajo una nueva forma y desde otra perspectiva, desde un personal balcón saturnino. El vasto espacio que se le presenta al duende de la caricatura de Grandville es en este proceso de cristalización como una enorme pantalla oscura en la que, tal y cómo sucede en las salas cinematográficas, uno puede observar como las partículas de polvo que flotan en el ambiente van transformándose en imágenes cuando el proyector luminoso comienza a correr.

El mundo es el territorio donde el tiempo despliega su sombra y la memoria es la sombra misma sobre la que ese movimiento deja su huella más profunda. Lo que alguna vez se erigió en forma de montaña es hoy un desierto de partículas de arena que no acaban de posarse en algo fijo. Donde antes una ciudad se levantaba, hoy se encuentran diseminados sus restos bajo los cimientos de otra. La combustión, el desbordamiento de las aguas de su cauce, la intensidad del viento y el movimiento telúrico, moldean el paisaje. El reino de los elementos es el capote del tiempo. Cubierto en él, el mundo se expande, contrae, transforma y escapa vertiginosamente. “La luz de Plutón es la oscuridad de Júpiter”, escribió Sir Thomas Browne en el siglo XVII. Y allí donde el espíritu cree haber triunfado sobre la naturaleza, lo que en realidad comienza es el proceso mismo de desintegración de la creación humana. Describir esta caída es describir el paso firme del tiempo, su

fugacidad y su carácter inconcluso. De la misma manera, la memoria, ese otro territorio en proceso de erosión, está constituida por folios sobreimpuestos de recuerdos igualmente fugaces y ubicuos. La memoria es lo que dista entre el nacimiento y la muerte. Condenada a la recreación de la vida encuentra, paradójicamente, su mejor aliado en la imaginación. Recordamos lo que podemos nombrar: un evento, un sueño, una emoción. Y, sin embargo, al nombrar las cosas las dotamos de una carga ficticia: un evento se convierte en un drama, un sueño en una batalla épica, una emoción en una fatiga o en un resfriado. Para fijar correctamente algunos de mis recuerdos de infancia, comenta Nabokov, tengo que rastrear cometas y eclipses, tal y como los historiadores lo hacen cuando investigan los fragmentos de una saga.

La memoria es un archivo dinámico de información y sensación que puede equipararse a una galaxia con sus propios planetas y estrellas. En ella se encuentra no solo el tiempo individual, sino también el tiempo remoto. Como una piedra en bruto, pulir la memoria significa ir más allá de nuestro propio pasado. El tiempo histórico está contenido en el tiempo geológico. Aquél que ha comenzado a abrir el abanico de la memoria nunca llega al final de sus segmentos, escribió Benjamin. No hay imagen que lo satisfaga, pues ha visto que la memoria puede desdoblarse y que es únicamente en sus pliegues donde la verdad reside.

He perdido algo, de ahí que sienta nostalgia. La nostalgia pone en movimiento a los seres humanos. En este sentido, la vida es un fenómeno indirecto y busca algo que se ha extraviado. Como es sabido, los 37 grados de temperatura de los océanos, de cuyas aguas provenimos, se repiten de manera asombrosa en nuestros cuerpos. También el contenido de sal de los océanos corresponde con el contenido de sal de nuestros riñones. Al parecer hay momentos de felicidad que a lo largo de la evolución han sido enterrados y que nuestras células, con una enorme capacidad de memoria, extrañan y añoran sin que nosotros nos percatemos de ello (Alexander Kluge).

arqueología memoria

Irene **Sepúlveda**

La modernidad zombi que nos circunda ha logrado, ¡por fin!, su objetivo: abolir la realidad, reducir existencias y cosas al presente en curso, desmemoriado, en donde sólo cuenta lo actual. Hay, en lo inmediato, una víctima patente: el pensar rememorante. Pero los artistas y pensadores radicales no olvidan, como el Ángel de la historia de Paul Klee hurgan en el pasado en búsqueda de lo otro que quiere ser liquidado, el exceso, lo inconmensurable e innombrable, los sueños de la humanidad. Quizás algún día, quizás pronto, los mortales recuperemos algo sin lo cual somos nada: la memoria.

Jorge Juanes
Memoria y olvido

La exposición *arqueología memoria*, con la que iniciaron las actividades de la Casa de la Cultura Contemporánea del Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades “Alfonso Vélaz Pliego”, es un intento de recuperación del “pensar rememorante” del que habla Jorge Juanes, una batalla (mínima y quizás inútil, también hay que decirlo, pero batalla al fin) librada al pie de las murallas de esa plaza aparentemente perdida que es la memoria. Es por eso que la palabra *exposición*, con su carga de ranciedad decimonónica y su carencia de significado contemporáneo no da cuenta cabal de lo que *arqueología memoria* es. Porque estamos, más bien, en presencia de una *intervención* en la que los espacios de una antigua casa en remodelación adquieren una nueva vida albergando objetos que, paradójicamente, son ante todo signos de evocación y nostalgia. Pero por debajo de esta primera impresión hay, desde luego, lecturas más sutiles, y en ello la curaduría de Marcelo Gauchat actúa de manera casi metafísica, mostrando lo que los objetos son y sugiriendo lo que podrían ser, o haber sido o haber llegado a ser o representar, conformando un discurso complejo que se insinúa tenuemente en montajes frescos, minimalistas, desprovistos de cualquier rasgo de pedantería o solemnidad, salpicados aquí y allá con trazos de un humor grácil cuyo esqueleto es un sólido elemento de reflexión (o mejor: una propuesta de diálogo) que no intenta imponerse a quien mira la obra, simplemente está ahí, para quien lo quiera ver.

Los videos *En memoria de Yara Almoina*, 2015, de Angélica Martínez, Mariela Velasco, Gianni Capitani y Marcelo Gauchat, y *Círculo de aire*, 2007-2015 de Gianni Capitani pueden ser vistos en la siguiente dirección: www.elementos.buap.mx/num99/htm/elem99.htm.

© Gianni Capitani, *Aquí*, 2002.



Megafauna del PLEISTOCENO Puebla

Francisco Javier **Jiménez Moreno**
Gerardo **Carbot-Chanona**
José Rubén **Guzmán Gutiérrez**

Las primeras excavaciones importantes de animales extintos en territorio poblano se encuentran en las crónicas de los misioneros españoles, pero es hacia finales del siglo XIX cuando el descubrimiento de diversos grupos de vertebrados fósiles, principalmente megafauna pleistocénica, animales con un peso superior a 45 kg con antigüedades que oscilan entre 300,000 y 11,800 años, cobra especial importancia. Pronto, los restos de megafauna encontrados en el estado de Puebla despertaron el interés de importantes paleontólogos, geólogos y arqueólogos como Edward D. Cope, Manuel Villada, Johannes Félix, Hans Lenk, Henry F. Osborn, Wilhelm Freudenberg, Juan Armenta Camacho, Harold Malde, Cynthia Irwin-Williams, Virginia S. McIntyre y Ekke Guenther, entre otros. Muchos de los trabajos se centraron en Valsequillo, una de las zonas con restos de megafauna más importantes no sólo en Puebla, sino en todo México.

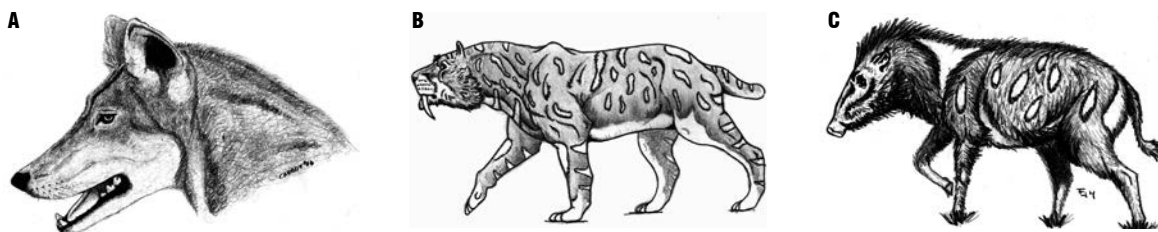


Figura 1. A. El lobo terrible *Canis dirus* fue un representante de la megafauna del Pleistoceno de Puebla. Sus restos han sido hallados en el área de Valsequillo. Reconstrucción Gerardo Carbot-Chanona. B. El felino dientes de sable *Smilodon gracilis* es uno de los más grandes depredadores encontrados en el estado de Puebla, de casi 100 kilogramos de peso, dibujo Francisco J. Jiménez. C. Pecarí de cara plana *Platygonus compressus*, este omnívoro de 1.5 metros de longitud llegó a pesar hasta 160 kilogramos, dibujo Francisco J. Jiménez (las imágenes mostradas no se encuentran a la misma escala).

Los fósiles de megafauna pleistocénica rescatados en el estado se encuentran alojados en diversas colecciones nacionales e internacionales. No obstante, parte importante de los hallazgos carece de información, por ejemplo, se ignoran datos geográficos y estratigráficos de la mayoría de los fósiles. Entre los taxones reportados se encuentran cánidos, proboscídeos, pecarís, camellos, antilocápridos, bisontes, armadillos, gliptodontes y perezosos terrestres.

El conocimiento científico de la megafauna de Puebla comenzó con la primera colección paleontológica formal del área del valle de Puebla, integrada por fósiles pleistocénicos colectados por José Manzo Jaramillo (1798-1869), quien preparó la enorme colección conservada en el Gabinete de Historia Natural del Colegio del Estado (hoy BUAP). En esa colección destacaban fósiles de proboscídeos (mamutes y mastodontes) provenientes de las localidades San Francisco Totimehuacán y San Baltasar Tetela (Armenta Camacho, 1978). Posteriormente, los alemanes Johannes Felix y Hans Lenk fueron los primeros científicos en coleccionar y estudiar, bajo criterios geológicos formales, la megafauna del estado. La publicación, resultado de sus investigaciones, se ha convertido en una obra de referencia obligada (Felix-Lenk, 1891). En su investigación destacan las ilustraciones del molar de un mastodonte (*Mastodon shepardi*) y de un caballo (*Equus barcenai*) de la región de Tecamachalco y San Pedro. En el valle de Puebla estos autores encontraron, además, restos de bisontes, caballos, llamas, mamutes y mastodontes.

En el año 1905, el director del Museo de Historia Natural de Nueva York, Henry Fairfield Osborn (1857-1935) visitó algunas localidades poblanas en compañía del

geólogo mexicano José Guadalupe Aguilera Serrano (1857-1941). A raíz de su visita, Osborn publica en 1942 su monografía *Proboscidea* (Osborn, 1942), donde menciona lo siguiente: “La paleontología de mamíferos de México, ofrece un campo muy interesante para la investigación... en la colección del Instituto Geológico de México, bajo la dirección del profesor José G. Aguilera, existen varios molares aislados del tipo *Paralephas Columbi* de la aldea de Zacapu, Michoacán y de *Elephas imperator* del Valle de Puebla... los fósiles son muy abundantes en la Villa de Totimehuacán, cerca de la ciudad de Puebla” (Osborn, 1905).

Wilhelm Freudenberg, un geólogo y naturalista alemán, realizó una serie de descripciones de material paleontológico del valle de Puebla, de las que actualmente se desconoce su paradero. Freudenberg mencionó, entre otros animales, restos de mastodontes (Freudenberg, 1910).

No se puede entender el impulso e interés sobre temas surgidos de la paleontología poblana sin la presencia del profesor Juan Armenta Camacho, quien realizó sus primeros hallazgos de fósiles en Valsequillo, concretamente en una barranca del río Alseseca en junio de 1933, donde halló restos de proboscídeos. Durante los siguientes 40 años el maestro Armenta dedicó mucho tiempo a buscar, recolectar y estudiar los fósiles del área. En su obra destaca la fundación, en 1956, del Departamento de Arqueología y Prehistoria, posteriormente denominado Departamento de Antropología, de la Universidad Autónoma de Puebla. En 1958 se fundó el Instituto Poblano de Antropología e Historia Natural (CRINAH-Puebla) en donde se integraron importantes evidencias fósiles de la mastofauna regional. Una parte importante de las hipótesis de trabajo se basaba en el argumento, sostenido por Armenta, de la coexistencia del hombre

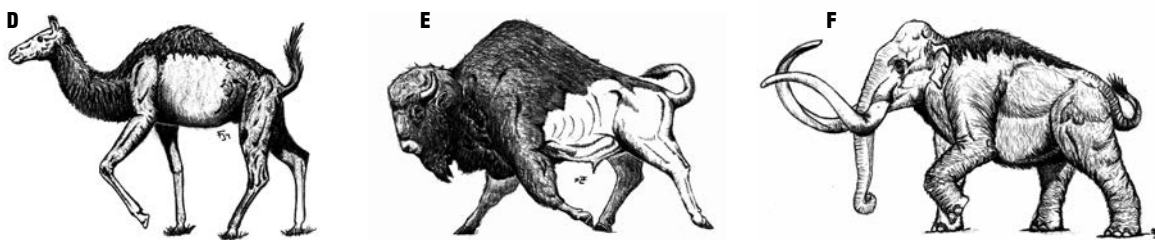


Figura 2. D. Camello occidental *Camelops hesternus*, este organismo de 600 kilogramos medía poco más 2 metros de altura. **E.** Bisonte prehistórico *Bison antiquus*, este organismo de 2.5 metros de altura, es ocupado como fósil índice, fue numeroso hace 70,000 en el centro del país. **F.** Mamut emperador o columbino, *Mammuthus columbi*, es el mamut más grande de América, deambuló hace más de 10,000 entre las calles de la ciudad de Puebla. Dibujos Francisco J. Jiménez (las imágenes mostradas no se encuentran a la misma escala).

prehistórico con la fauna de la zona. Estas afirmaciones se fundamentaban en el hallazgo de más de 100 restos fósiles con indicios de intervención humana. Sin embargo, sus argumentos no han sido plenamente aceptados hasta hoy en día. Un año más tarde, Armenta reportó la presencia de *Mammuthus* y *Bison*. En el año 1967 se comenzaron estudios sistemáticos en Valsequillo como resultado de la campaña financiada por la American Philosophical Society y el Instituto Smithsonian (Armenta Camacho, 1978). La directora del proyecto, la arqueóloga Cynthia Irwin-Williams, reportó la posible interacción de animales extintos con humanos, comenzando un debate internacional de gran importancia. Durante su primer verano de trabajo excavaron en cuatro sitios al norte de la actual presa de Valsequillo: el Horno, el Mirador, Tecacaxco y Hueyatenco, sitios cercanos a San Baltasar Tetela. En estos depósitos encontraron restos fósiles y herramientas de piedra. En Hueyatenco encontraron restos fósiles y al menos dos tipos de artefactos de probable elaboración humana, así como puntas de proyectiles asociados al destazamiento de grandes animales. Las comparaciones con la estratigrafía de Caulapan, a 5 kilómetros de Hueyatenco, y de Tlapacoyan en la ciudad de México, sugirieron una edad de 22 mil años para el sitio. Las conclusiones constituyen un valioso aporte de nueva información para la zona de Valsequillo (Irwin-Williams-Armenta Camacho, 1963).

En el año 1963, Ekke Guenther realizó excavaciones de megafauna del Pleistoceno en Valsequillo (tierras altas de México). Su trabajo destacó el potencial de la investigación sobre paleoclimas basada en evidencias geológicas encontradas en los glaciares de los volcanes, en especial la Malinche. Además, reportó depósitos lacustres, indicio de antiguos lagos pleistocénicos en Valsequillo. Guenther también exploró localidades fosilíferas en Cau-

lapan, Hueyatenco, El Horno, San Pedro Zacachimalpa, San Antonio Arenillas, Totimehuacán y Atepetzingo. En Caulapan y Hueyatenco reportó la presencia de dos tipos de camélidos, caballos, un proboscideo (*Archidiskodon imperator*) y antilocápridos (*Tetrameryx*), así como restos de bisontes, perezosos gigantes, venados y pecarís en la localidad San Antonio Arenillas. Estas evidencias se encuentran alojadas en la Colección del Instituto de Ciencia Animal de la Universidad de Kiel (Günther, 1967).

Björn Kurtén, paleontólogo finlandés, describió en 1967 una rama mandibular inferior derecha de un felino dientes de sable proveniente de Valsequillo, que fue identificada como *Smilodon gracilis*. En ese mismo trabajo Kurtén señala la presencia del coyote *Canis latrans*, sin embargo, no menciona la localidad de procedencia de las piezas (Kurtén, 1967).

Poco después, el profesor Thenius von Eridt reportó la presencia del pecarí *Platygonus cf. compressus alemanii*, el oso *Arctodus simus* y el lobo *Canis dirus* (Thenius, 1970). Estos restos fueron obtenidos como fruto del trabajo de Guenther en el marco del proyecto México de la Fundación Alemana. Dichos fósiles fueron hallados en las localidades de San Antonio Arenillas, Atepetcingo, Caulapan y Hueyatenco. Otro representante de megafauna en el área de Valsequillo fue el glitodonte *Brachyostreon cylindricum* (= *Glyptotherium cylindricum*), descrito por Guenther y Bunde (1969).

El extinto Museo de Historia Natural de Puebla, inaugurado en 1981 en los Fuertes de Loreto y Guadalupe, contenía una magnífica colección de paleontología de vertebrados e invertebrados del estado de Puebla, además de una colección de animales preparados para su exhibición en dioramas, donados por Juan Naude

Córdova. En este museo se exhibían restos de megafauna, representados por los enormes colmillos de mamut de 2.50 metros de largo, donados por Moisés Cabrera Huerta. También podía apreciarse una pequeña muestra de la fauna fósil de la región de Valsequillo, que contaba con cráneos, molares, colmillos, vértebras, tibias y fémures de diversas especies (bisontes, mastodontes, camellos, entre otros).

En 1997 el maestro Hugo Castro-Azuara describió un caparazón incompleto de gliptodonte, formado de 215 escudos, recolectados en los sedimentos pleistocénicos del río Ajamilpa, en Tepexi de Rodríguez. Estos fósiles se encontraron asociados con restos de mamutes, caballos y antilocrápidos (Castro-Azuara, 1997). Por su parte, Churcher y cols. (1996) reportaron nuevos restos del oso *Arctodus simus* para el área de Valsequillo (Churcher-Turnbull-Richards, 1996).

Los antropólogos Zaid Lagunas Rodríguez y Sergio Suárez encontraron en 1997 restos de un mamut en la colonia Tres Cerritos, ubicada al sur de la ciudad de Puebla. Los restos fueron asignados a *Mammuthus imperator* (Rodríguez Lagunas-Suárez Cruz, 1997).

El Centro INAH de Puebla alberga una importante colección de restos de megafauna del estado de Puebla, entre los que se cuentan más de 2,000 restos fósiles que incluyen perezosos gigantes, felinos dientes de sable, pecarís, mastodontes, mamutes, camellos, bisontes, antilocápidos, pampaterios y gliptodontes, como lo describe Cruz-Muñoz en 2001 (Cruz Muñoz, 2001).

Los más recientes hallazgos en Puebla incluyen restos del felino dientes de sable *Smilodon* y el lobo *Canis dirus*, encontrados en Valsequillo, así como restos de los pampaterios *Pampatherium mexicanum* y *Holmesina septentrionalis* encontrados en San Pedro Zacachimalpa por Melgarejo-Meraz, en 2010.

[...] además, los materiales colectados, exclusivamente en trabajos de salvamento arqueológico, permitieron que la colección osteológica del Departamento de Antropología de la Universidad de Puebla (CODAUP), se enriquecieran rápidamente con más de tres mil piezas de valor diagnóstico, a las que se sumaron algunos materiales paleontológicos, rescatados de las

cimentaciones efectuadas dentro del perímetro urbano, hallazgos que coinciden con la expansión urbana y demolición de casas que databan del siglo XVI. Entre los fósiles más interesantes se mencionan los restos de mastodonte localizados en la calle Río Yaqui del fraccionamiento Jardines de San Manuel. Los restos de caballo hallados en la esquina de la 2 norte y Portal Hidalgo (edificio Calderón); los restos de mamut que se encontraron en la 4 poniente 306 (edificio Matanzo); los huesos de proboscídeo localizados en la esquina de la 3 poniente y 5 sur (Edificio Barranco), el fémur de proboscídeo sacado del lecho del río san Francisco a la altura de la 4 oriente, los restos de camélido, caballo, pecarí, gliptodonte y mamut que se rescataron de las construcciones en la margen del río san Francisco a la altura de la 48 poniente, los restos de caballo que se encontraron en pleno Zócalo de Puebla, al ser construida una caja de registro eléctrico, y los restos de mamut asociados con restos de carbón, hallados en la esquina de la Avenida 5 de Mayo y 2 Poniente (edificio Alles). El proyecto Valsequillo investigó bajo diversos temas científicos el área, desde 1962 hasta 1973, con fondos proporcionados por la American Philosophical Society, la Universidad de Harvard, la National Science Foundation, el Smithsonian Institution, el U. S. Geological Survey y la Universidad Autónoma de Puebla. (Juan Armenta Camacho, 1978, fragmento).

Es claro que la investigación paleontológica realizada en Puebla ha aportado importantes hallazgos, principalmente de megafauna de finales del Pleistoceno. No obstante, la gran mayoría de las aportaciones fueron realizadas por investigadores extranjeros o de otros estados del país, lo que refleja que pocos profesionales o estudiantes poblanos han centrado su atención hacia esta importante faceta de investigación, a pesar del antecedente histórico con que cuenta el estado de Puebla.

REFERENCIAS

- Armenta Camacho J (1978). Vestigios de labor humana en huesos de animales extintos de Valsequillo, Puebla, México. Gob. Edo de Puebla.
- Felix J y Lenk H (1891). Uebersicht über die geologischen Verhältnisse des mexicanischen Staates Puebla. *Paleontographica in beitrage zur geologic und paleontologic der republik Mexico* 37: 117-139.



© Gianni Capitani, Corsé, 2015.

Osborn HF (1905). *Recent vertebrate paleontology Fossil mammals of Mexico*, Science (n.s.) 21(546): 931-932

Freudenberg W (1910). Die Säugetierfauna des Pliocans und Postpliocans von Mexiko I. Carnivoren. *Geologische und Palaeontologische Abhandlungen* 9: 195-231.

Freudenberg W (1922). Die Säugetierfauna des Pliocans und Postpliocans von Mexiko II. Mastodonten und Elefanten. *Geologische und Palaeontologische Abhandlungen* 18: 1-76.

Osborn HF (1942). Proboscidea: A Monograph of the Discovery, Evolution, Migration and Extinction of the Mastodons and Elephants of the World. *Stegodontoidea and Elephantoida* (pp. 805-1675). American Museum Press, New York.

Irwin-Williams C and Armenta Camacho J (1963). The American Philosophical Society, year book, January 1, 1963-december 31, 1963. USA.

Günther Von Ekke W (1967). Ausgrabungen einer eiszeitlichen Tierwelt im Valsequillo (Hochland von Mexiko). Kiel.

Kurten B (1967). Präriewolf und säbelzahniger aus dem Pleistozän des Valsequillo, Mexiko. Quartär. In *Jahrbuch zur Erforschung in Eisenalter und Versteinert* (pp. 173-178). Bd. 18. Verlag, Röhrbruch, Bonn, Germany.

Thenius, Wien Von Eridt (1970). Einige jungpleistozäne Säugetiere (Platygonus, Arctodus und Canis dirus) aus dem Valsequillo, Mexiko.

Castro-Azuara HE (1997). Descripción de un gliptodonte (Xernartra, Mammalia) del

Pleistoceno de la Mixteca Alta Poblana, México. Tesis de licenciatura Escuela de Biología, BUAP.

Churcher CS, Turnbull WD and Richards RL (1996). Distribution and size variation in North American short-faced bears. En Stewart KM, Seymour KL (Eds.), *Palaeoecology and Palaeoenvironments of Late Cenozoic Mammals: Tributes to the Career of C.S. Rufus Churcher* (pp. 191-246). University of Toronto Press.

Rodríguez Lagunas Z y Suárez Cruz S (1997). Los restos de mamut encontrados en Tres Cerritos, Puebla. *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos* 43: 91-108.

Cruz Muñoz V (2001). Catálogo de vertebrados fósiles del Centro Regional INAH de Puebla. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología, BUAP.

Francisco Javier Jiménez Moreno
Ciencia, Cultura y Biodiversidad
pacosaurus1@gmail.com

José Rubén Guzmán Gutiérrez
Museo Regional de Paleontología
Municipio de El Llano, Aguascalientes

Gerardo Carbot-Chanona
Museo de Paleontología "Eliseo Palacios Aguilera"
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas



BIODIVERSIDAD e **impacto humano** en un humedal del PACÍFICO **mexicano**

Víctor Hugo **Galván Piña**
Salvador **Hernández Vázquez**
Bernabé **Aguilar Palomino**

En décadas recientes las zonas costeras de México han sido transformadas debido al acelerado desarrollo urbano y la deficiente planeación y regulación ambiental. Las lagunas costeras, particularmente, son uno de los ecosistemas mayormente afectados.

La Laguna El Tule, localizada en la Bahía de Navidad, Jalisco, es un caso extremo de deterioro ambiental que reúne elementos históricos, políticos y culturales, principalmente derivados de una deficiente planeación urbana, la nula aplicación de la legislación ambiental y una pobre cultura ecológica de la población local. El desarrollo urbano de las últimas décadas, el crecimiento poblacional y el incremento en la actividad turística han intensificado la presión sobre la laguna y sus recursos, propiciando cambios adversos en la dinámica y la salud del ecosistema.

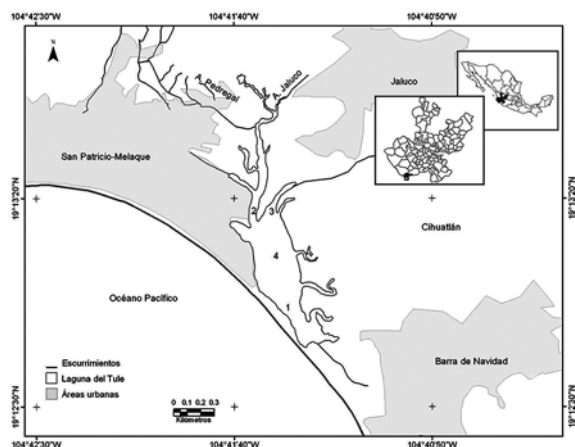


Figura 1. Área de estudio.

La laguna El Tule cuenta actualmente con una extensión de 167 hectáreas y profundidad promedio de tres metros, es el principal receptor fluvial de la microcuenca y el regulador del manto freático en la zona costera; recibe un aporte permanente del arroyo Jalisco y temporalmente de los arroyos El Pedregal y Barra de Navidad, lo que le confiere características predominantemente dulceacuícolas y la hace un hábitat único en la costa de Jalisco (Figura 1).

El Tule está separada del mar por una delgada barra de arena que la mantiene aislada la mayor parte del año, solo durante la temporada de lluvias (agosto a octubre) ocasionalmente y por periodos cortos, establece comunicación con el mar (Figura 2). Durante estos periodos se generan procesos de intercambio de agua, biomasa (peces, invertebrados y vegetación acuática) y materiales inertes vitales para los organismos y la dinámica de ambos ecosistemas interdependientes.

Históricamente la laguna El Tule ha desempeñado un papel importante en las actividades humanas. Los primeros usos reportados se remontan al periodo de la conquista y colonización del territorio mesoamericano; la laguna sirvió como lugar de provisión de agua dulce para las embarcaciones del Viejo Mundo durante el año 1603 (Fregoso-Valencia 2005). Hasta la década de los setenta del siglo pasado la laguna se conservó íntegra ecológicamente y brindó sustento a los pobladores de la zona por su alta productividad de peces e invertebrados.

A partir de la construcción de la carretera federal en los años 70 se incrementa rápidamente el desarrollo urbano y junto con ello la laguna es impactada por la descarga de aguas residuales sin tratamiento, el azolvamiento por rellenos y vertimiento de basura, propiciando la eutrofización del sistema, la proliferación masiva de lirio y la reducción del cuerpo de agua (Acuña 1997, Galván-Piña et al. 2001).

A pesar del deterioro ambiental y de las amenazas existentes, la laguna representa un ecosistema único en la región que debe ser revalorado en el contexto de la actual crisis ambiental global. En el presente trabajo se evalúa y discute la relevancia ecológica de la laguna a partir del conocimiento sobre los componentes biológicos más representativos y los usos e impactos humanos históricos y actuales, así como también las prioridades de manejo, conservación e investigación futura.

BIODIVERSIDAD

De acuerdo con los estudios realizados, la riqueza biológica registrada a la fecha es de 125 especies, incluyendo peces, aves marinas y costeras y vegetación acuática y terrestre asociada al cuerpo de agua. En la laguna existen otros grupos biológicos como los reptiles, principalmente cocodrilo y los macro invertebrados, principalmente camarones, cangrejos, jaibas y caracoles que no han sido estudiados formalmente, por lo que es razonable suponer un incremento importante en la riqueza de especies de la laguna cuando estos grupos sean abordados en estudios futuros.

Peces. La riqueza de peces reportada en la laguna es de 24 especies, con 15 géneros y 12 familias (Galván-Piña 2000), lo que representa el 6.3% de las especies reportadas en los sistemas lagunares y estuarinos de México (alrededor de 400 especies) (Contreras y Castañeda, 2004). Publicaciones de las últimas cuatro décadas sobre sistemas lagunares y estuarios de México reportan entre 30 y 180 especies de peces por laguna. La laguna El Tule, se encuentra ligeramente por debajo de este intervalo y probablemente se debe entre otros factores a su tamaño relativamente pequeño y su condición oligohalina y eutrófica; la laguna ha recibido descargas continuas de aguas domésticas durante las últimas cuatro décadas, presentando actualmente un alto grado

de eutrofización. Trabajos recientes han sugerido que la eutrofización y la hipoxia resultante pueden afectar la diversidad y abundancia de peces (Breitburg, 2002).

Aun cuando la riqueza de especies es baja, se destaca el papel de la laguna como hábitat crítico para los peces debido a que el 87.5% de las especies reportadas se encontraron en etapa juvenil, principalmente para las especies de las familias Mugilidae, Centropomidae, Eleotridae, Gerreidae, Clupeidae y Ariidae (Galván-Piña, 2000).

Aves Acuáticas. En la laguna El Tule se han reportado 56 especies de aves acuáticas (Hernández-Vázquez y cols., 2010), lo que representa el 10% de las aves reportadas para todo el estado de Jalisco (587 incluyendo aves acuáticas y terrestres) (Palomera-García y cols., 2007). Este porcentaje parece relativamente bajo, pero debe considerarse que El Tule es un humedal relativamente pequeño, con poca influencia de las mareas (excepto cuando se abre la boca-barra) y una reducción de hábitat con sustratos blandos para que las aves se alimenten y descansen. A pesar de esto, la laguna El Tule ha sido sitio de nuevos registros de aves para el Pacífico central mexicano, como el carao (*Aramus guarauna*) (Hernández-Vázquez y cols., 1999) y el gavilán caracalero (Hernández-Vázquez y cols., 2013).

De las especies registradas en El Tule, siete se encuentran citadas en la NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT, 2010), cinco como especies sujetas a protección especial (*Tachybaptus dominicus*, *Tigrisoma mexicanus*, *Mycteria americana*, *Larus heermanni* y *Thalasseus elegans*) y dos amenazadas (*Pelecanus occidentalis californicus* y *Aramus guarauna*).

Figura 2. Parte sur de la laguna del Tule mostrando la boca de la laguna durante un periodo de comunicación con el mar (Bahía de Navidad).



Se han reportado nueve especies de aves acuáticas anidando en la laguna; *Anhinga anhinga*, *Ardea alba*, *Bubulcus ibis*, *Butorides virescens*, *Gallinula galeata*, *Jacana spinosa*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Porphyrio martinica* y *Porzana carolina* (Hernández-Vázquez y cols., 2010; Hernández-Vázquez, observación personal). Sin embargo, en observaciones de campo realizadas recientemente, el número de especies y de parejas ha disminuido considerablemente como consecuencia de la contaminación y rellenos realizados en la zona de anidación.

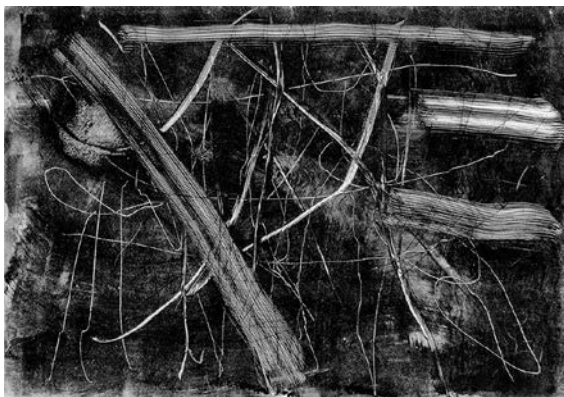
Vegetación. En total se han determinado 45 especies de plantas acuáticas, subacuáticas y terrestres asociadas a la cuenca de la laguna, sin considerar las herbáceas (Galván Piña, 2000). En general, la vegetación registrada corresponde a las comunidades típicas de cuerpos de agua dulce, como el caso de la comunidad riparia, representada por *Anona* sp., *Ficus* sp., *Salix* sp. y *Heliocarpus pallidus*, entre otras.

Entre las comunidades acuáticas, el carrizo (*Arun-do donax*) y el tule (*Typha dominguensis*) son dos de las especies más abundantes y con mayor cobertura. Otras registradas son el helecho acuático (*Acrostichum danaefolium*), el loto (*Nymphaea* sp.) y el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). Las dos últimas son consideradas especies indicadoras de disturbios ambientales.

Otros tipos de vegetación colindantes con la laguna son el bosque tropical caducifolio, representado principalmente por la primavera (*Tabebuia donnel-smithii*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y barcino (*Cordia eleagnoides*) y vegetación de dunas costeras con dos especies, la hierba de la raya (*Ipomoea* sp.) y la dormilona (*Mimosa* sp.) (Galván Piña, 2000).

De la vegetación acuática se destaca la anona como una especie de importancia ecológica, debido a que constituye un hábitat único para la anidación de la garza blanca (*Ardea alba*), que a la fecha no ha sido observada en otros sistemas lagunares de la costa de Jalisco.

Otra especie importante por su abundancia y función en la laguna es el carrizo, con una cobertura aproximada de 20 hectáreas, que constituye un hábitat crítico para diversas especies de aves, cocodrilos y peces, las cuales lo utilizan como sitio de alimentación, reproducción, refugio o descanso.



© Marco Velázquez, *Sin título*, 2014.

USOS E IMPACTOS HUMANOS

Pesca. Desde el origen de los núcleos urbanos en la región, hacia 1900, y durante mucho tiempo la laguna El Tule fue un sitio importante como fuente de alimento de las poblaciones aledañas. La alta productividad de peces de importancia comercial (robalo, lisa, pargo) e invertebrados (chacal, camarón, jaiba), brindó sustento y recreación a las familias asentadas (Fregoso-Valencia, 2005). Posteriormente al crecimiento urbano y la degradación ambiental de la laguna, la abundancia de los recursos pesqueros declinó notablemente; la descarga de aguas residuales vertidas en la laguna durante las últimas décadas llevó a la actividad pesquera casi a su total desaparición. Actualmente, esta actividad se limita a la captura ocasional de peces para carnada, principalmente chochocos (*Dormitator latifrons*) y guabinas (*Guavina* spp.), especies dulceacuícolas pertenecientes a la familia Eleotridae.

Desarrollo urbano. Las deficientes planeación urbana y regulación ambiental han sido las principales causas del deterioro de la laguna El Tule. Durante cuatro décadas la laguna ha estado expuesta a descargas de aguas domésticas y drenajes municipales, rellenos con materiales terrígenos y vertimiento de basura, propiciando la reducción del cuerpo de agua, contaminación bacteriológica y la eutrofización del ecosistema, entre los principales efectos ambientales.

Históricamente, los rellenos realizados por los pobladores colindantes con la laguna han tenido el propósito

de incrementar la extensión de los lotes. Con este fin, en 1980 se rellenó un área aproximada de 25 hectáreas que cubrió una de las venas en la porción sureste de la laguna, reduciendo considerablemente la capacidad de almacenamiento del cuerpo de agua.

Actualmente los rellenos continúan realizándose sobre el margen de la laguna y constituyen una seria amenaza para la flora y la fauna asociadas. El relleno más reciente, realizado en el 2013 con la autorización de las instituciones ambientales correspondientes, cubrió una superficie aproximada de 2 hectáreas, eliminando el último relicto de la zona de duna costera colindante con la laguna y reduciendo la calidad y disponibilidad de hábitats naturales de algunos de los grupos biológicos de la misma, como son los cocodrilos y las aves.

Paralelamente, con el vertimiento de basura y los rellenos, la descarga del drenaje municipal es otra de las causas y amenazas de la degradación ambiental de la laguna. A pesar de la suspensión temporal de las descargas municipales y el tratamiento de las aguas residuales durante el periodo de 2004 a 2006, las descargas persisten en mayor magnitud y son la causa principal de la actual contaminación y eutrofización de la laguna. De acuerdo con estudios de calidad del agua realizados en diferentes años, la laguna presenta niveles altos de contaminación por bacterias coliformes (arriba de la norma oficial) y la relación de los valores de nutrientes (nitritos, nitratos, fosfatos) indica una fase inicial de eutrofización (Acuña, 1997; Galván-Piña, 2000; Hinojosa Larios 2014, comunicación personal).

Otro indicador potencial de eutrofización del sistema es la mortandad masiva de peces registrada cada año durante el periodo previo a la estación lluviosa en la zona, ya que la dinámica hidrológica natural del sistema para auto-depurarse ha sido rebasada; el remplazo del agua por las aperturas de la boca de la laguna durante la temporada de lluvias no ha sido suficiente para disminuir los niveles de contaminación.

Depredación de fauna. La diversidad y abundancia de los diferentes grupos faunísticos presentes en la laguna constituyen un atractivo para la realización de actividades de cacería furtiva, principalmente de aves y reptiles. Entre las especies expuestas a depredación humana, el cocodrilo es un caso particular, debido a que

es considerado por los pobladores como una amenaza y por su alto costo en el mercado. Se desconoce la magnitud y el efecto de la actividad, sin embargo se conoce que el factor cultural es el elemento decisivo en esta práctica, obedeciendo principalmente a la satisfacción de necesidades de recreación, obtención de alimento y comercialización de especies exóticas.

PRIORIDADES DE MANEJO Y CONSERVACIÓN

Es prioritario detener el progresivo deterioro ambiental de la laguna; suspender las descargas de aguas domésticas sin tratar, así como el vertimiento de basura y rellenos implica que la autoridad municipal opere permanentemente un sistema eficiente de tratamiento de aguas residuales con bajo costo ambiental y económico y un programa de recolección de residuos sólidos en los núcleos urbanos colindantes a la laguna. Paralelamente es necesario aplicar acciones de restauración y mejoramiento de la calidad del hábitat dirigido al desazolve de los canales y venas del cuerpo de agua, así como el control de las poblaciones de lirio y lechuga acuática.

Para asegurar la protección y conservación de la biodiversidad, y los procesos y funciones clave del ecosistema a corto, mediano y largo plazos, es prioritaria la declaración de un régimen de protección de área natural para la laguna; una iniciativa en esta dirección fue impulsada por investigadores de la Universidad de Guadalajara y autoridades municipales durante la década pasada, quedando inconclusa. Actualmente existe un interés público y social por la restauración, conservación ecológica y el manejo de la laguna con base en un esquema que armonice el uso turístico, pesquero, urbano y agropecuario de la zona. Dicho esquema representa un reto y una oportunidad para la sociedad local, las autoridades gubernamentales de los tres niveles de gobierno y las instituciones de investigación de la zona que debe ser atendida de inmediato.

NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA FUTURA

Es evidente, a partir de la información biológica y ambiental discutida, el limitado conocimiento que se tiene del ecosistema de la laguna como un todo, así como la



© Marco Velázquez, *Sin título*, 2015.

falta de datos actualizados y del nivel de profundidad de la información reportada, de carácter descriptivo, proveniente de literatura gris (tesis), informes de proyectos de investigación científica, artículos de difusión y escasas publicaciones científicas, por lo que es perentorio dirigir programas de investigación y monitoreo sobre la calidad, salud e integridad de los grupos biológicos y del ecosistema para determinar los niveles de bioacumulación y biomagnificación de contaminantes en los organismos, principalmente en los peces, así como en los sedimentos del fondo de la laguna.

Existen grupos biológicos de interés para investigaciones específicas en temáticas como los cocodrilos, gasterópodos (principalmente caracol manzano) y decápodos, como el cangrejo (*Cardisoma crasum*) y el “langostino popotillo” (*Macrobrachium tenellum*), con potencial de aprovechamiento.

CONCLUSIONES

Una de las funciones más importantes de la laguna El Tule es el mantenimiento de la vida silvestre que provee de sitios esenciales para la reproducción, anidación y alimentación a aves acuáticas, reptiles y peces.

Los usos humanos históricos y actuales han disminuido la calidad y cantidad de los hábitats de la laguna afectando la composición, riqueza y abundancia de las especies de peces, aves y reptiles, así como la calidad del agua y, potencialmente, la salud de los grupos biológicos y del ecosistema.



© Marco Velázquez, *Sin título*, 2008.

La persistencia actual de prácticas y usos inadecuados de la laguna y el riesgo inminente de daños irreversibles o pérdida del ecosistema demanda de manera urgente la aplicación de programas de manejo, restauración, protección y conservación de la laguna, con una base de conocimientos científicos actualizados.

REFERENCIAS

- Acuña D JL (1997). Caracterización físico-química y análisis bacteriológico de la Laguna Los Otates, Municipio de Cihuatlán, Jalisco, México. Tesis Licenciatura, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México 48 p.
- Breitbart D (2002). Effects of Hypoxia, and the Balance between Hypoxia and Enrichment, on Coastal Fish and Fisheries. *Estuaries* 25(4): 767-781.
- Contreras F y O Castañeda (2004). La biodiversidad de las lagunas costeras. *Ciencias* 76: 46-56.
- Fregoso Valencia H (2005). *Cihuatlán: Datos para su historia*, 80 p.
- Galván-Piña VH (2000). Diagnóstico ambiental de la Laguna del Tule, Municipio de Cihuatlán, Jalisco. Informe Técnico Final. Universidad de Guadalajara, 25 p.
- Galván-Piña VH, Ortega-Ojeda AyKosonoy D (2001). Estado ambiental y perspectivas de manejo de la Laguna del Tule, municipio de Cihuatlán, Jalisco. *Tierra Prodigiosa* 1: 14-16.
- Hernández-Vázquez S, Rodríguez-Estrella R, Vega-Rivera JH, Hernández-Vázquez F, Rojo-Vázquez JA y Galván-Piña VH (2010). Estructura, dinámica y reproducción de las asociaciones de aves acuáticas de la costa de Jalisco, México. En Godínez-Domínguez E, Franco-Gordo C, Rojo-Vázquez JA, Silva-Bátiz F y González-Sansón G (Eds.), *Ecosistemas marinos de la costa Sur de Jalisco y Colima* (pp. 151-188). Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- Hernández-Vázquez S, Rodríguez-Estrella R, Ramírez-Ortega F, Loera J y Ortega M (2013). Recent increase of the distribution of the Snail Kite (*Rostrhamus sociabilis*) along the Central Pacific coast of México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 388-291.
- Palomera-García C, Santana E, Contreras-Martínez S y Amparán R (2007). Jalisco. En Ortiz-Pulido R, Navarro-Sigüenza A, Gómez de Silva H, Rojas-Soto O y Peterson TA (Eds.), *Avifauna estatal de México* (pp. 1-48). CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México.
- SEMARNAT (2010). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.

Salvador Hernández Vázquez
Bernabé Aguilar Palomino
Víctor Hugo Galván Piña
Departamento de Estudios para el
Desarrollo Sustentable de Zonas Costeras
Universidad de Guadalajara
vhgalpina@gmail.com

Identidad, memoria y lenguaje en el PENSAMIENTO Rosario **Castellanos**

Angélica **Tornero**

En *Mujer que sabe latín*, colección de ensayos publicada en 1973, un año antes de su muerte, Rosario Castellanos escribió: “En el momento en que se descubre la vocación yo supe que la mía era la de entender. Hasta entonces yo había identificado esa urgencia con la de escribir”. Más adelante en el mismo ensayo, se lee: “Alguien me reveló que eso que yo hacía se llamaba literatura”.¹ La escritora se acercó a la literatura estimulada por la acuciosa necesidad de entenderse a sí misma en relación con el mundo que la rodeaba, fue ese temprano impulso a encontrar respuestas sobre la extraña condición de estar en el mundo, lo que la condujo a buscar afanosamente, y la mediación elegida fue el lenguaje. En los primeros poemas están ya presentes inquietudes metafísicas y ontológicas que permanecen a lo largo de su obra, desde luego, con variaciones formales y temáticas. En un trabajo realizado hace algunos años sobre la poesía de esta autora,

señalé que en su trayectoria puede advertirse el tránsito de un yo inicial, en situación existencial primigenia donde la diferenciación está dada por la percepción y la intuición, a un yo consciente que reflexiona sobre su constitución en relación con los otros en un contexto social y político.² En un comentario autocrítico, Castellanos lamenta haber transitado por esa primera etapa, la cual se refleja en sus dos primeros poemas, “Trayectoria del polvo” y “Apuntes para una declaración de fe” de 1948: “[...] el pecado sin remisión es el vocabulario abstracto”,³ y en relación con la subjetividad, anotó: “Lo que ocurre es que yo tuve un tránsito muy lento de la más cerrada de las subjetividades, al turbador descubrimiento del otro y, por último, a la ruptura del esquema de la pareja para integrarme a lo social, que es el ámbito en el que el poeta se define, se comprende y se expresa”.⁴ Aun cuando la descripción que la poeta hace en torno a la subjetividad nos parece precisa, no comparto totalmente la valoración que hace de su obra, porque creo que esos dos primeros poemas le dieron un entendimiento de sí misma necesario para continuar construyéndose como escritora y como persona.

Como sea, el asunto que quiero destacar aquí es la vocación de Rosario Castellanos de entender lo que en su escritura se convierte en formas verbales que le permitan comprenderse en el mundo. Esta vocación de entender, resuelta mediante la escritura, puede ser descrita como aproximación hermenéutica a la comprensión del sí; dicho de otro modo, a la comprensión de su situación como mujer haciendo cosas con otras y otros en un entorno social y político, en el contexto mexicano y latinoamericano; aproximación sobresaliente en su trayectoria poética y presente también en la narrativa, el teatro y los ensayos. En este ensayo reflexionaré brevemente sobre una de las aristas del profuso pensamiento de la autora que se relaciona con el conocimiento de nosotros mismos como mexicanos y latinoamericanos. Para realizar este análisis he elegido abordar, principalmente, los ensayos, artículos y notas sobre la memoria, la identidad y el lenguaje. Me interesa rescatar las ideas de Rosario Castellanos en torno al poder de la memoria y del lenguaje para

el entendimiento y la comprensión del sí, como parte de una colectividad. Considero que algunas de estas ideas siguen vigentes y pueden ser retomadas para explorar alternativas para pensarnos hoy, en la compleja era de la globalización.

IDENTIDAD, MEMORIA Y LENGUAJE

En un artículo publicado el 16 de enero de 1971 en el periódico *Excélsior*, a propósito de la cohesión del pueblo judío, Rosario Castellanos reflexiona sobre la importancia de la memoria en la formación de la conciencia de lo que somos los humanos en relación con nuestros contextos culturales. De acuerdo con sus apreciaciones, los mexicanos hemos descuidado la memoria en términos de presencia viva de la historia para dedicarnos a borrar hechos, negar acontecimientos aunque acaben de tener lugar, cortar puentes entre generaciones y solazarnos “en el ninguneo como si no fuera una forma velada del suicido”.⁵ Mientras seamos un país desmemoriado, dice la poeta, seremos un país inculto y corrompido. Inculto porque seguiremos careciendo de términos para establecer comparaciones; corrompido, porque no reconocemos o recordamos ejemplo de conducta y porque no tenemos ninguna esperanza de darlo.

© Marcelo Gauchat, *Arqueología*, 2015.





© Marcelo Gauchat, *Arqueología*, 2015.

“¿Qué más da portarnos bien que portarnos mal si de todos modos los segundo es más fácil y de todos modos va a venir el remolino y va a levantarnos?”.⁶ Algunos apologistas de la posmodernidad en sus versiones europea y estadounidense podrían calificar este ímpetu historicista y memorioso de Castellanos como actitud reaccionaria, porque precisamente de lo que se trata es de señalar que ni el pasado ni la tradición deben orientar ningún tipo de proyecto o futuro, porque lo que llamamos tradición es un discurso del poder, un ejercicio de retórica y gramática, que ciñe a los sujetos, dejándolos imposibilitados para actuar de manera libre. Quienes viven extasiados con la idea de la ruptura con el pasado, propia de la era de la globalización, aplaudirían lo que la autora de *Juicios sumarios* rechaza, que “el único núcleo existente [sea] el yo y el único momento seguro [...] este momento”.⁷ Para Castellanos un pueblo incapaz de reconocerse no tiene futuro, lo cual no implica ni unidad de lengua ni de costumbres, ni siquiera de territorio y tampoco es un problema solo de retórica. De lo que la autora habla es de no olvidar el pasado, de recordar, porque el recuerdo, señala, “es el único vínculo actual cuya vigencia no se pierde”.⁸ Lo que Castellanos parece indicar es que los sucesos deben ser recordados y el proceso mismo de recordar aquello cohesiona a los que recuerdan, independientemente de las variaciones interpretativas. Es innegable que la memoria se recupera mediante estructuras simbólicas, como son los discursos lingüísticos –entre otros, como los visuales, sonoros, etcétera–, tampoco puede objetarse que estos

discursos emplean la retórica y la gramática y contienen valoraciones, posturas morales, éticas y políticas. Sin embargo, estas estructuras en sí mismas no son el mundo, sino una mediación con la que se habla del mundo de los humanos.

La autora de *Balún Canan*⁹ era consciente de que el lenguaje es una mediación con la cual se habla del mundo y que los conceptos deben ser revisados constantemente para no convertirlos en verdades inamovibles. En el prólogo al libro de Susana Francis titulado *Habla y escritura popular en la antigua capital chiapaneca*, Castellanos considera que el sometimiento de los indios se debe a que los ladinos de San Cristóbal no han modificado sus conceptos: “[los ladinos creen] que sus opiniones, no sometidas al ácido corrosivo de la crítica ajena, son dogmas de validez universal”.¹⁰ No obstante, considera también que la memoria, que, como ya se dijo, utiliza mediaciones para realizarse, es definitiva para que un pueblo logre identificarse. Así, para Rosario Castellanos, el asunto de la identidad no radica en interpretar lo mismo, no consiste en la univocidad, en crear conceptos universales para comprender quiénes somos, sino de reconocernos a partir de la rememoración de todo aquello que hemos vivido de manera conjunta, como colectividad.

Una pregunta puede surgir a partir de estas consideraciones, ¿cómo podemos identificarnos a partir del recuerdo, convertido en discurso histórico, de aquello que ha sucedido en nuestro país si no lo interpretamos de la misma manera? La respuesta que Castellanos ofrece es la tolerancia. No podemos pretender responder a la pregunta por la identidad de los mexicanos si la respuesta debe darse a partir de un contenido unívoco; esto conduciría al fascismo. En un artículo sobre esta temática, Rosario Castellanos escribió: “El recto amor a la patria sólo comienza a darse a partir del nivel de tolerancia a la libertad de los otros”.¹¹ Aun cuando considero que el concepto de respeto es más adecuado que el de tolerancia, ya que este último contiene una carga negativa de origen, coincido plenamente en el principio en el que la autora se basa para plantear la posible construcción de una identidad, ya no diría yo nacional, sino en términos de colectividad, que no necesariamente se

construye con la unidad de la lengua, ni de costumbres ni de territorio; este principio que se relaciona con la coexistencia solidaria.

Aun cuando reconoce no haber elaborado investigaciones académicas, utilizando métodos de las ciencias sociales, y tampoco una reflexión del calado de la que realiza Octavio Paz,¹² a propósito de la pregunta realizada por Ana F. Aguilar sobre el modo de ser de los mexicanos, “¿dónde está el origen de nuestra falla como pueblo?”,¹³ Castellanos se anima a lanzar algunas ideas interesantes, como poner en crisis lugares comunes, entre otros, aquel que afirma que los mexicanos somos “peculiares y únicos”.¹⁴ Señala la conveniencia de abandonar la autocompasión y la autocomplacencia, así como los recursos con los que se trata de explicar el modo de ser mexicano que son simplemente justificaciones. Desde su perspectiva, casi todos los estudios psicológicos, filosóficos y los escritos líricos sobre la identidad de los mexicanos que se realizaron hasta ese momento, son justificaciones y no ejercicios de configuración y refiguración, es decir, de construcción discursiva y su respectiva interpretación de un modo de ser. La autora resume el procedimiento que se ha seguido así:

El mecanismo es muy simple: aserción de un hecho, explicación de ese hecho gracias a los mitos prehispánicos, a la historia colonial, a los turbulentos años del principio de nuestra época independiente, a la paz porfiriana y a la gesta revolucionaria. Y, por último, señalamiento de lo que ese hecho tiene de estético, mérito que no es deleznable para nuestra sensibilidad.¹⁵

Con ironía, Castellanos ejemplifica este procedimiento con el tópico de la tristeza del mexicano, con la que justifica su apatía, su falta de acción y de responsabilidad. El mexicano es triste porque: “Tezcatlipoca puso de vuelta y media a Quetzalcóatl [...] porque la Malinche traicionó a su raza, porque Cortés lloró bajo el árbol de la noche que en su nombre lleva nuestra característica, porque la conquista se hizo con lujo de fuerza y de crueldad y no como se hacen todas las otras conquistas que es a base de convencimiento [...]”.¹⁶

Una comunidad que no logra expresar, no su esencia metafísica, sino simplemente las acciones, los sucesos que la cohesionan en su presente, está condenada a atomizarse y desaparecer. Castellanos concluye que “Cuando nos atrevamos a conocernos y a calificarnos con el adjetivo exacto y a arrostrar todas las implicaciones que conlleva, cuando nos aceptemos, no como una imagen predestinada, sino como una realidad perfectible, estaremos empezando a nacer”.¹⁷ Desde mi perspectiva, este reconocimiento no implica uniformar, subsumir diversidades, sino precisamente recordar como individuos, en la diversidad interpretativa, sucesos que atañen a la colectividad para constituir un frente público de diálogo y debate, cuyo principio sea mantener el equilibrio, lo cual no implica inmutabilidad, sino seguridad para vivir, en todos los ámbitos.

LENGUAJE, DOMINACIÓN Y LIBERACIÓN

Cuando Pedro González Winiktón, personaje de la novela *Oficio de tinieblas* (1962), dejó de ser juez en la capital chamula y tuvo que trabajar en una finca para subsistir, aprovechó la oportunidad de tomar las clases de castellano que impartía el maestro contratado por el dueño; asistía y estudiaba con dedicación porque le entusiasmaba descubrir los nombres de objetos y pronunciarlos, escribirlos y “apoderarse así del mundo”.¹⁸ En esta misma novela, en el diálogo que sostienen Fernando Ulloa y Leonardo Cifuentes, el primero empleado gubernamental y el segundo finquero, Ulloa plantea que los indios han estado bajo una tutela que se presta a abusos, sin aprender español y sin poder comunicarse. “Pero, dice el personaje, alcanzarán la mayoría de edad cuando sepan leer, escribir, cultivar racionalmente su tierra”.¹⁹

Estas expresiones de algunos de los personajes de la novela indican la clara conciencia del potencial del lenguaje para la liberación, en el cual Rosario Castellanos creía firmemente. Esto no significa que en *Oficio de tinieblas* no haya también una posición contraria, que más bien entraña la crítica al lenguaje como instrumento de dominio; esta perspectiva abunda, pero no es categórica. En general, en los escritos de la autora se evidencia cierta ambivalencia en torno al poder del lenguaje. Por una parte, somete, pero también, libera.



© Marcelo Gauchat, *Arqueología*, 2015.

Diversas son las razones por las cuales el lenguaje se convierte en elemento de opresión. En un ensayo titulado “Notas al margen: el lenguaje como instrumento de dominio”, publicado en *Mujer que sabe latín* en 1973, Castellanos critica la malversación que se ha hecho del lenguaje; señala la ineficacia de los misioneros al tratar de incorporar en grandes masas de población autóctona la lengua y cultura europeas y el fracaso rotundo de la pretendida inclusión por medio de la instrucción.²⁰ Lo importante, entonces, escribe a propósito de lo que ocurrió durante siglos, era ostentar signos de distinción que evidenciaran, a primera vista, el rango que se ocupaba en la sociedad: “El color de la piel decía mucho pero no todo; había que añadir la pureza y la antigüedad de la fe y algo más: la propiedad de los medios orales de expresión”.²¹ Pero esta propiedad no se reducía a la corrección lingüística, sino que era el medio para expresar la posesión de riquezas, para exhibir los tesoros. La desigualdad se instaló desde el primer momento, porque lo que a los ojos del hispanismo pretendió ser una ventaja, reducir la diversidad de los dialectos de las tribus precolombinas para lograr la unidad con el idioma castellano,²² terminó siendo instrumento de dominación y ejercicio tenaz de la violencia.

Muy pronto, el castellano se convirtió en la lengua de los dominadores nacidos en estas tierras, porque era

el idioma de los descendientes de los conquistadores y de los encomenderos. Estos herederos se jactaban de su linaje. Castellanos escribe: “[el] orgullo de su apellido, de su raza, de su lengua, de su religión: he ahí el arma con la que [este grupo] ha dominado, y continúa dominando, sin escrúpulos, a los siervos. Estos son naturalmente los indios”.²³ El resultado de la estrategia colonizadora fue desarraigar a los indios de su cultura, desposeerlos de su riqueza histórica, no incorporarlos plenamente al nuevo idioma y a la nueva cultura, no porque los consideraran de segunda, sino porque temían que entendieran y se apropiaran de los que les pertenecía. Como se lee en un pasaje de *Oficio de tinieblas*, “Indio alzado es indio perdido, decían. Cuando estos tales por cuales sepan leer y hablar castilla no va a haber diablo que los aguante”.²⁴

En los estudios realizados sobre el habla de San Cristóbal en el siglo XX, dice Castellanos, se advierte la parálisis, el aislamiento. Por una parte, la población no se incorpora a los acontecimientos de la época y, por otra, no opone resistencia.²⁵ La pasividad reina en un lugar en el que se conservan los arcaísmos, las expresiones de dominio del patrón sobre el indio. Aquí, el problema es que los indios y gran parte de la población en general, no

entienden el idioma en el que hablan. Es evidente, sobre todo en zonas indígenas, que el español es un privilegio que usan y poseen en plenitud las clases sociales altas, el problema es que de pronto, este idioma resulta lejano:

“[...] en el momento en que [las clases altas] lo convierten en vehículo de expresión, en un instrumento para manifestar su manera de pensar, de sentir, de ordenar, descubren que el español es una lengua ajena, que es una lengua que no poseen, que ha sido creada por hombres de otros antecedentes históricos muy distintos a los nuestros, de unas circunstancias que tampoco pueden ser paralelas a aquellas en las cuales nosotros nos desarrollamos y vivimos, de un temperamento con el que tenemos pocas afinidades”.²⁶

A pesar del abuso del lenguaje en posesión de los dominadores, de este manoseo, Rosario Castellanos atisba en él posibilidades de liberación, siempre que, escribe la autora, “las palabras recuperen su pristinidad. Y esa pristinidad, agrega, consiste en la exactitud. La palabra es la flecha que da en “su” blanco”.²⁷ Podría pensarse que la autora, en tiempos de posmodernidad y posestructuralismo, apela a consideraciones poco vigentes en torno a la relación entre las palabras y la referencia, entre las palabras y aquello que se nombra, en suma, apela a cierta dimensión ontológica del lenguaje. No obstante, considero, hay un aspecto medular en su reflexión que vale reconsiderar: las palabras no deben ser usadas gratuitamente. Como es sabido, las aproximaciones críticas de las últimas décadas proponen deconstruir discursos hegemónicos que nos sujetan, evidenciar formas de dominio a través de los discursos institucionalizados, la misma Rosario Castellanos lo subrayó constantemente en sus críticas al lenguaje, sin embargo, la autora propone también la reconstrucción, necesariamente. Además de criticar y deconstruir, es preciso trabajar para hacer patente en cada instante el sentido de las palabras. No se trata ya de debatir si hay mundo real o no independientemente del lenguaje o qué entenderemos por referente, sino de saber trasvasar nuestras prácticas a los idiomas, español, tzotzil, tzeltal, náhuatl, maya, apropiarnos del mundo, renovarnos



© Gianni Capitani-Marcelo Gauchat, *Arqueología*, 2015.

con palabras que nos permitan mirarnos con mayor cercanía y profundidad para, así, interpretarnos en relación con nuestras prácticas cotidianas. Rosario Castellanos ha observado que nuestros pueblos y de manera contundente los pueblos indios, han tenido una larga costumbre de callar, por no conocer la lengua oficial o por no comprenderla cabalmente, y esta costumbre de callar, “entorpece la propia lengua”²⁸ y, agregamos, obstaculiza la comprensión de nosotros mismos en relación con el contexto en el que vivimos. Es preciso reconocer que en décadas recientes, en México se han hecho esfuerzos importantes para hablar “más alto y más fuerte” en distintos idiomas, prueba de ello es lo que ocurre entre los grupos indígenas en el sureste. Sin duda, estas valiosas iniciativas, surgidas de la población misma, apuntalan procesos de entendimiento y de lucha por la dignidad. Sin embargo, en otros ámbitos, hay retrocesos alarmantes, como la incompetencia de la población mestiza en el idioma español, que constatamos

diariamente en un número importante de estudiantes de todos niveles en el país y de la población en general. Estas carencias nos conducen a no entender y, por lo tanto, a callar, a no luchar y a no innovar. Cabe señalar que no es la intención aquí defender un discurso único, el verbal, y que este comentario se hace extensivo a otros discursos. También se requieren competencias para interpretar discursos visuales, auditivos, corporales y otros.

Las consideraciones sobre el lenguaje realizadas por Rosario Castellanos se relacionan con la construcción de la identidad individual y nacional. Un grupo humano que ha vivido mudo, que no comprende de lo que habla, porque usa con imprecisión el idioma, que abusa de las palabras manejándolas sin sentido, difícilmente puede saber algo sobre sí mismo. No se trata aquí de volver a posturas románticas que aboguen por la pureza de las razas ni de las lenguas, no es el caso proponer la autonomía de los indios y una pretendida esencia. Evidentemente los indios, los mestizos, los criollos que vivimos en esta región del mundo estamos condicionados por los que nos rodean y la complejidad es mayúscula, por lo que la comprensión no es fácil. Pero, como señala Castellanos a propósito del reconocimiento que hace José María Arguedas sobre su falta de entendimiento en torno a la complejidad de la población del Perú, “sin entender, ¿cómo es posible hablar? y ¿cómo es posible vivir?”²⁹

La rememoración creadora que resucita lo muerto y que anticipa lo que todavía no nace, es una tarea indispensable para pensarnos, sí, con lenguaje, no, con formas manidas, gastadas y manipuladas que no dicen nada, que han perdido su poder innovador en todos los idiomas de la región. El reto es, entonces, con el dominio de estos idiomas recomponer, renombrar, reconocer, reconstruir, entre las ruinas que dejaron ayer los conquistadores y entre los fragmentos de nuestro mundo actual complejo y globalizado, un sentido de colectividad; abandonar el silencio por no entender, lograr la competencia para el diálogo y la discusión, que nos permita recuperar el espacio público para la defensa del derecho a vivir con dignidad.

Para terminar, comparto estos versos del poema titulado “Silencio cerca de una piedra antigua”, en el que Rosario Castellanos insiste en la preocupación por la relación entre el idioma y el entendimiento de lo que

somos. Al inicio, se lee: “Estoy aquí, sentada, con todas mis palabras/como con una cesta de fruta verde, intactas. [...] De las bocas destruidas/quiere subir hasta mi boca un canto [...]. Pero soy el olvido, la traición [...]”.³⁰ Y al final, dice: “Pero yo no conozco más que ciertas palabras/en el idioma o lápida/bajo el que sepultaron vivo a mi antepasado”.³¹

REFERENCIAS

- Castellanos R (2014). Si “poesía no eres tú”, entonces ¿qué? En *Mujer que sabe latín* (p. 159). Fondo de Cultura Económica, México.
- Tornero A (2010). Expresiones de la subjetividad en la poesía de Rosario Castellanos. En *Rosario Castellanos. Perspectivas críticas*, P. Popovic y F. Chávez, coords., México, M. A. Porrúa.
- Castellanos R. Si “poesía no...”. En *Mujer... op. cit.*, (p. 160).
- Ibid., p. 158.
- Rosario Castellanos, “La otra memoria: conciencia de lo que somos”, en *Mujer de Palabras II*, México, CNCA, 2006, p. 632.
- Ibid., p. 633.
- Ibid., p. 632.
- Idem.
- Novela publicada en 1957.
- Susana Francis, *Habla y literatura popular en la antigua capital chiapaneca*, México, Instituto Nacional Indigenista, 1960, p. 8.
- Rosario Castellanos, “Nacionalismo y tolerancia”, en *Mujer de palabras III*, México, CNCA, 2007, p. 89.
- Idem.
- Rosario Castellanos, “Indagación sobre el ser nacional: la tristeza del mexicano”, en *Mujer de palabras II*, México, CNCA, 2006, p. 644.
- Idem.
- Idem.
- Idem.
- Ibid., p. 646.
- Rosario Castellanos, *Oficio de tinieblas*, México, Joaquín Mortiz, 1990, p. 58.
- Ibid., p. 150.
- Rosario Castellanos, “Notas al margen: el lenguaje como instrumento de dominio”, en *Mujer que sabe latín*, op. cit., p. 137.
- Idem.
- Idem.
- Rosario Castellanos, “El idioma en San Cristóbal de las Casas”, en *Juicios sumarios*, Xalapa, Universidad Veracruzana, 1966, pp. 131-132.
- Rosario Castellanos, *Oficio...*, op. cit., p. 56.
- Rosario Castellanos, “Prólogo a...”, en *Historia...* op., cit., p. 83.
- Rosario Castellanos, “La degeneración del lenguaje”, en *Mujer de palabras II*, op. cit., p. 503.
- Ibid., p. 140.
- Rosario Castellanos cita a Mariano José de Larra. Ibid. p. 502.
- Rosario Castellanos, “José María Arguedas y la problemática indigenista”, en *El mar y sus pescaditos*, México, Secretaría de Educación Pública, 1975, p. 178.
- Rosario Castellanos, “El rescate del mundo”, en *Poesía no eres tú*, México, FCE, 2006, p. 65.
- Ibid., p. 66.

Angélica Tornero
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
atorneros@prodigy.net.mx



Ingeniería genética de cultivos y el **AUMENTO** del USO de PESTICIDAS

Las mismas empresas químicas que fabrican herbicidas han manipulado genéticamente cultivos como el maíz, el algodón y la soya para resistir la aplicación de sus herbicidas. Herbicidas que dañan o matan los cultivos se pueden aplicar directamente a las cosechas intervenidas con ingeniería genética, y el cultivo resistente sobrevive a la aplicación del herbicida. La ingeniería genética de los cultivos es diferente del fitomejoramiento tradicional, ya que requiere la sobreescritura genética intensiva para permitir cambios genéticos que no pueden ocurrir en la naturaleza.

Algunos cultivos están diseñados genéticamente para producir sus propios pesticidas en lugar de que los pesticidas sean rociados en los propios cultivos o en el suelo en el que se plantan. Este tipo de ingeniería genética incorpora un pesticida “natural” de bacterias en la composición genética de un cultivo. Y debido a que este pesticida es secretado por la planta, no puede ser lavado y llega hasta el consumidor.¹

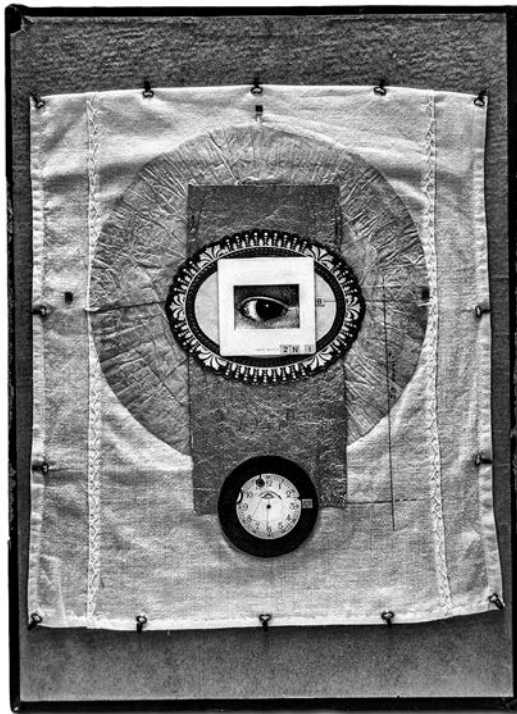
Hay muchas preocupaciones éticas en torno a la ingeniería genética de semillas de plantas y cultivos. Las corporaciones biotecnológicas pueden patentar semillas y animales genéticamente modificados. Eso significa que las empresas pueden reclamar la propiedad del código genético, y más importante, la propiedad de la semilla. Eso ha eliminado la posibilidad de continuar la práctica milenaria de guardar semillas de la cosecha de un año para la siembra del próximo año; en cambio, se requiere que los agricultores compren nuevas semillas cada año. Si un agricultor es víctima de “contaminación genética” (el polen de una planta genéticamente modificada se desplaza a su campo, o alguna semilla cae de un camión en un campo de cultivo), la empresa puede demandar al agricultor por violación de patentes.²

Otra preocupación importante con cultivos genéticamente modificados es el aumento concomitante en el uso de pesticidas. La industria biotecnológica afirma que los cultivos genéticamente modificados reducirían el uso de herbicidas,² pero no pudo cumplir con esa promesa. Durante los primeros quince años de uso comercial, los cultivos genéticamente modificados fueron responsables de un aumento de 527 millones de libras de uso de herbicidas.³

Uno de los herbicidas más utilizados es el glifosato (Roundup™), en parte debido a que la resistencia a este producto químico ha sido manipulada genéticamente en los cultivos de productos básicos populares, tales como el maíz y la soya.⁴ Debido a la utilización y rápida expansión de los cultivos genéticamente modificados desde su introducción y el correspondiente uso expansivo de glifosato, ahora existen malezas que son resistentes a glifosato, ganándose el apodo de “supermalezas”.⁵ La resistencia puede desarrollarse relativamente rápido; de hecho, en periodos tan cortos como tres años, las especies de malas hierbas pueden desarrollar resistencia a la sustancia química.^{6,7} Como resultado, el glifosato puede estar perdiendo rápidamente su eficacia. Actualmente se han identificado al menos 28 malas hierbas con resistencia al glifosato.⁸

Con una eficacia reducida, los agricultores han utilizado cada vez más y más glifosato.⁹ Por esa y otras razones, la EPA (sigla en inglés de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) ha elevado los niveles de tolerancia para el glifosato para permitir su uso en mayor cuantía en los cultivos de alimentos.¹⁰ En consecuencia, estudios recientes han demostrado que los cultivos genéticamente modificados a menudo conservan altos niveles de residuos de glifosato.¹¹ Sin embargo, los más recientes informes de pruebas de tolerancia con pesticidas liberados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) fallaron al probar para los residuos de glifosato.¹²

En lugar de reconocer el valor de las prácticas de cultivos diversificados y el uso moderado de pesticidas, las empresas químicas han llegado con una nueva ola de granos comunes genéticamente modificados para ofrecer resistencia al herbicida 2,4-D, además de la resistencia al glifosato. Al igual que en el caso del glifosato y la primera ronda de los cultivos tolerantes al glifosato, el USDA estima que la aprobación de estos nuevos cultivos modificados genéticamente podría llevar a un aumento en el uso de 2,4-D en los cultivos desde 77.8 millones a 176 millones de libras.¹³ En septiembre de 2014 el USDA aprobó estas variedades de granos resistentes a 2,4-D en seis estados y actualmente está considerando si se aprueba su uso en otros diez estados de la Unión Americana.^{14, 15}



© Luz María Genis, *Sin título*, 2010.

Tomado de "From Crop to Table: Pesticide Use in Produce" Consumer Reports. Food Safety Sustainability Center. Disponible en: http://www.consumerreports.org/content/dam/cro/magazine-articles/2015/May/Consumer%20Reports_From%20Crop%20to%20Table%20Report_March%202015.pdf [Visitada 14 de abril 2015]. Traducción ES.

REFERENCIAS

- ¹ Environmental Protection Agency. (n.d.). EPA's regulation of *Bacillus thuringiensis* (Bt) Crops [Webpage]. Disponible en línea en <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/pips/regofbrcrops.htm>.
- ² Freese, B., Kimbrell, G., Cohen, S., Kingston, H., Perrone, S., Seiler, A., Stella, C. and Tomaselli, P. (2013). Seed giants vs. US farmers. Center for Food Safety & Save Our Seeds. Disponible en línea en http://www.centerforfoodsafety.org/files/seed-giants_final_04424.pdf.
- ³ Monsanto. (n.d). Roundup Ready Plus [Webpage]. Retrieved from <http://www.monsanto.com/products/pages/roundup-readyplus.aspx>.
- ⁴ Benbrook, C. M. (2012). Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the US—the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe*, 24(1): 1-13.
- ⁵ Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs. (2011). Pesticide industry sales and usage, 2006-2007 market estimates. Disponible en línea en <http://www.epa.gov/opp00001/pestsales/>. Page 14.
- ⁶ Union of Concerned Scientists (December 2013). The rise of superweeds, and what to do about it. Disponible en línea en www.ucsusa.org/superweeds.
- ⁷ VanGessel, M.J. (2001) Glyphosate-resistant horseweed from Delaware. *Weed Science* 49: 703-705.

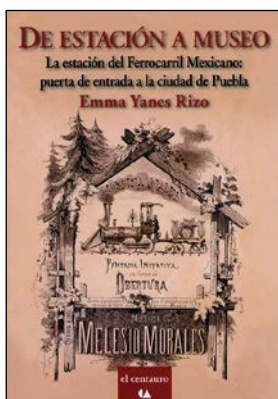
- ⁷ International Survey of Herbicide Resistant Weeds. (n.d.). Weeds resistant to the herbicide glyphosate [Data file]. Disponible en línea en <http://www.weedscience.org/summary/home.aspx>.
- ⁸ International Survey of Herbicide Resistant Weeds. (n.d.). Weeds resistant to the herbicide glyphosate <http://www.weedscience.org/summary/home.aspx>.
- ⁹ U.S. Geological Survey (no date) National Water-Quality Assessment Program. Pesticide National Synthesis Project. Pesticide Use Maps—Glyphosate. [Webpage]. Disponible en línea en http://water.usgs.gov/nawqa/pnsp/usage/maps/show_map.php?year=2011&map=GLYPHOSATE&hilo=L&disp=Glyphosate. Last accessed on February 27, 2015.
- ¹⁰ U.S. Environmental Protection Agency. (2013, May). Glyphosate; Pesticide Tolerances. 78 FR 25396. Disponible en línea en <https://www.federalregister.gov/articles/2013/05/01/2013-10316/glyphosate-pesticide-tolerances>. Last accessed on February 27, 2015.
- ¹¹ Bohn, T., Cuhra, M., Traavik, T., Sanden, M., Fagan, J. and Primicerio, R. (2014) Compositional differences in soybeans on the market: glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans. *Food Chemistry* 153: 205-217. doi:10.1016/j.foodchem.2013.12.054.
- ¹² U.S. Department of Agriculture (2014, December). Pesticide Data Program. Annual Summary, Calendar Year 2013 [Data file]. Disponible en línea en <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5110007>. Last accessed on February 26, 2015.
- ¹³ U.S. Department of Agriculture. (2013) Dow AgroSciences petitions (09-233-01p, 09-349-01p, and 11-234-01p) for determinations of non regulated status for 2,4-D-resistant corn and soybeans. Draft Environmental Impact Statement. Disponible en línea en http://www.aphis.usda.gov/brs/aphisdocs/24d_deis.pdf. Page 135.
- ¹⁴ U.S. Department of Agriculture. (2014, September 22). Dow AgroSciences LLC: Determination of no regulated status of herbicide resistant corn and soybeans. Docket No. APHIS-2013-0042. *Federal Register* 79(183): 56555-56557.
- ¹⁵ U.S. Environmental Protection Agency. (2014, November). Registration of Enlist Duo. [Webpage]. Disponible en línea en <http://www2.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/registration-enlist-duo>. Last accessed on February 27, 2015.

© Luz María Genis, *Salida*, 2014.



Postexto

Graciela **Schmilchuk**



DE ESTACIÓN A MUSEO
LA ESTACIÓN DEL FERROCARRIL MEXICANO:
PUERTA DE ENTRADA A LA CIUDAD DE PUEBLA
EMMA YANES RIZO
CONACULTA
México, 2014

La presentación del libro *De estación a museo*, de Emma Yanes Rizo, editado por CONACULTA y El Centauro en 2014, dio pie para repensar cómo sucede la construcción social del patrimonio. Se trata de un libro claro y preciso, respaldado en una investigación histórica, a la que mucho contribuyeron los investigadores del CEDyF del Museo Nacional de los Ferrocarriles Mexicanos.

Mi hipótesis es que el libro de Yanes contribuye a aumentar el valor simbólico de la vieja estación de ferrocarriles de Puebla, la más antigua que queda en el país. Esto nos recuerda una de las caracterizaciones de patrimonio: cultura, material o no, a la que otorgamos un valor simbólico, que condensa valores y una visión del mundo. Para que la sociedad lo acepte como cosa incuestionable se requiere la convergencia de múltiples voluntades y tareas: señalar un bien cultural, argumentar su valor, lograr validación política y respaldo financiero para su restauración y mantenimiento, dar a conocer ampliamente la historia de ese bien, cuidar que tales logros sean irreversibles (que, por ejemplo, si a algún funcionario se le ocurriese usar el Museo Nacional de los Ferrocarriles para otros fines, la acción social para defenderla sea contundente y eficaz).

Sin embargo, a partir de este logro, hay una segunda construcción social en el proceso de patrimonialización: su activación. La activación, en el caso del MNFFMM implica no sólo conservar el patrimonio ferrocarrilero nacional, sino contar con un programa de exposiciones, de actividades, pedagógico y de vinculación con comunidades. Dichas tareas significan, todas ellas, hacer interpretación. Tal es el trabajo de curadores, museógrafos y pedagogos y de la dirección que concibe y recoge propuestas del personal y jerarquiza la distribución del presupuesto. Interpretar el patrimonio, con cada acción cotidiana, genera significados socialmente compartidos. Tal es la responsabilidad de la activación y en eso consiste la tarea de un buen museo.

El que nos ocupa es tan joven (1988) que por él se juegan aún tensiones políticas, económicas y las cambiantes valoraciones de funcionarios y de la población. Aún no se ha consolidado su incuestionabilidad (un ejemplo sería el intento reciente de utilizar uno de sus patios como estación para un tren turístico).

La activación siempre implica intervención del poder político y de la sociedad y las negociaciones son difíciles. Ambas partes, poder político y sociedad, intentan alcanzar el mayor grado de consenso posible, de manera que el discurso subyacente en la activación (del museo) o en las propuestas de usos diferentes, sea legitimado.

Un antropólogo catalán menciona tres tipos de museos (Prats: 2005): localizado, local y nacional. A mi modo de ver, el de los ferrocarriles se encuentra en el cruce de los tres tipos. Patrimonio localizado “aquél cuyo interés trasciende su ubicación y es capaz de provocar por sí mismo flujos de visitantes con relativa independencia de la misma” (Prats: 2005)

El patrimonio local, en principio es para Prats aquel “de escaso interés más allá de la comunidad”, pero añade algo que sí se aplica a Museo de los Ferrocarriles: “se relaciona intensamente con la biografía de los individuos... Esto impele a la población a anteponer el significado a los principios de legitimación procedentes de la externalidad cultural... La verdadera naturaleza del patrimonio local ...se basa en la memoria” (Prats: 2005).

En nuestro caso la memoria compartida por una buena parte de la sociedad poblana se entreteje con la investigación histórico tecnológica de los expertos. Cuando dos o tres generaciones de una familia asisten al museo, los relatos de las experiencias priman sobre la información científica. Nadie menor de treinta años ha viajado en tren de pasajeros. Buena parte de lo que mantiene encendido el interés de la población en los trenes, es su vigencia en la memoria de quienes los han usado y trabajado, y la transmiten a sus hijos y nietos.

Además, este museo es nacional, por decisión política, por reunir bienes del patrimonio ferrocarrilero de todo el país, sin entrar en competencia con otros museos del ferrocarril existentes en otros estados.

El contenido del MNFFMM no exhibe solo reliquias del pasado sino testimonios de una memoria viva en conflicto: ¿debía privatizarse el ferrocarril, eliminarse los trenes de pasajeros?

¿A quién le convino, a quién no? ¿Se puede reabrir la posibilidad de cambiar la cultura del automóvil por otra de trenes, de vista al futuro?

Aunque su colección convoque la nostalgia, el museo no se ha encerrado, no se ha fosilizado, intentando preservar la imagen de todo pasado fue mejor, sino que se ha abierto a una idea amplia de cultura, a explorar las estrechas relaciones entre ferrocarriles, economía y cuestiones ambientales, trenes y poesía, viajes y artes plásticas, entre muchas otras. Si se hiciera un análisis de lo que ha sido su programa de exposiciones y actividades desde su inicio se vería cómo y cuánto se han enriquecidos las relaciones. Tal análisis queda por hacer y, sin duda, habrá de ser en la siguiente publicación.

Llorenç Prats (2005) dice que el patrimonio local es, en su mejor expresión, un foro, pero que si ignora cambios y nuevos retos puede convertirse en búnker. Y es precisamente lo que se ha evitado aquí, remontando no poca incompreensión institucional.

Para que florezca como foro, este museo atiende el principio de que el capital humano es lo principal, siempre las personas antes que los fierros o las piedras. En este sentido, aunque las exposiciones son cosa extraordinaria, hay otras acciones fundamentales: convertirse en un imán de iniciativas locales de grupos e individuos, rescatar el carácter de espacio vivo de aquello que tiene que ver con el patrimonio ferrocarrilero.

Sin embargo, más allá de su carácter local, el Museo de los Ferrocarriles ha dado pasos importantes de expansión simbólica: préstamo de exposiciones al resto del país, intercambio internacional y un notable programa de arte contemporáneo de sitio específico que espera retomar continuidad bienal. Los múltiples discursos que el museo emana y acoge son parte aún de la construcción social de su patrimonio en su fase de activación, con las espinosas negociaciones que ello implica, luchan por su legitimación. Enhorabuena.

B I B L I O G R A F Í A

Prats LI (1997). *Antropología y patrimonio*, ed. Ariel, Barcelona.

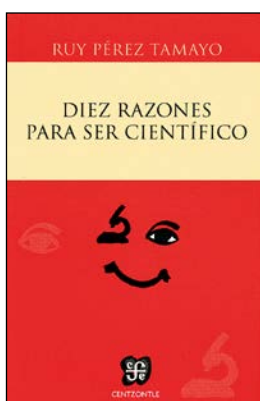
Prats LI (1998). El concepto de patrimonio cultural. En *Política y Sociedad* 27, Madrid (pp. 63-76). Consultado el 15 de abril 2015 en <http://www.antropologiasocial.org/contenidos/publicaciones/otautores/prats%20el%20concepto%20de%20patrimonio%20cultural.pdf>.

Prats LI (2005). Concepto y gestión del patrimonio local. En *Cuadernos de Antropología Social* 21 (pp. 17-35), FFyL-UBA- ISSN: 0327-3776. Consultado el 11 de enero 2014 en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180913910002>.

Ruy Pérez Tamayo:

ciencia y docencia

Germán Iván **Martínez Gómez**



DIEZ RAZONES PARA SER CIENTÍFICO
RUY PÉREZ TAMAYO
Fondo de Cultura Económica
México, 2013

Ruy Pérez Tamayo ha conjugado bien su actividad de académico e investigador con su labor de escritor y divulgador de la ciencia. En *Diez razones para ser científico*, su más reciente libro, relata porqué decidió ser médico y cómo se hizo científico al referir la influencia que recibió de Alfonso G. Alarcón, Raúl Hernández Peón e Isaac Costero:

yo estudié medicina porque mis padres no me dejaron ser músico, porque admiraba y quería mucho al médico de la familia, y porque mi hermano mayor ingresó a esa carrera y yo quería ser como él. Y dentro de la medicina, me hice científico por la influencia de Raúl, un compañero de generación que me enseñó a hacer experimentos, y de un profesor que se transformó en mi modelo y en mi generoso maestro.

Pérez Tamayo aborda en el libro las razones que defiende para dedicarse a la ciencia y que, dice, fue “reconociendo y apreciando poco a poco”. Durante años, el autor ha argumentado que la ciencia es un quehacer que permite descubrir no solo qué es el mundo sino cómo funciona y cuál es el papel que nosotros jugamos en él. En *Acerca de Minerva* había mencionado ya la necesidad de interesar al lector en el quehacer científico e incorporar “la ciencia no solo a nuestros procesos productivos y a nuestra manera de pensar, sino a nuestra conciencia y a nuestra cultura”. Ahora, en *Diez razones para ser científico* reitera que la ciencia es una actividad humana creativa que busca la comprensión de la naturaleza; que la vocación (entendida como predisposición y llamado para dedicarnos a algo) es una creencia popular y por tanto no existe; que el científico debe tener autonomía e independencia intelectual; el trabajo científico es exploración de lo desconocido; la investigación científica tiende a ser multidisciplinaria y asunto de grupos y no de personas.

Por otro lado, frente a los científicos holistas, Pérez Tamayo se reconoce reduccionista pues asegura que la historia de la ciencia muestra que la estrategia de fraccionar un problema en múltiples aspectos susceptibles de estudio, análisis y solución, así como su integración progresiva, contribuye mejor a comprender la realidad. Aprovecha la ocasión para recordarnos que ciencia y tecnología no son lo mismo y que la distinción entre

ciencia “pura” y “aplicada” revela una notable confusión. Niega asimismo la existencia de un método científico único pero se pronuncia por algunos principios esenciales en la actividad científica, vinculados con aspectos éticos, teóricos y técnicos.

Pérez Tamayo sostiene que el científico presupone una regularidad en la naturaleza; que la aventura científica es afán de conocimiento y descubrimiento acompañado de la creatividad, imaginación e intuición del investigador. Éste, añade, es un hombre de poca fe y mucha razón; de ahí que el escepticismo y la actitud crítica sean condiciones esenciales de lo que llama “el espíritu de la ciencia”, que sirve para ordenar nuestra vida “de forma racional y objetiva”.

Pérez Tamayo sugiere, para que el investigador científico piense por sí mismo, que es necesario evitar ser presa de la revelación, la autoridad y el dogma. Reconoce el subdesarrollo de la ciencia en México y las condiciones adversas que enfrenta en nuestro país la investigación científica; pero su libro es una invitación para hacer de la ciencia un asunto de interés nacional que permita reconocer la labor de los científicos mexicanos y alentar su formación. Para ello será necesario, entre otras cosas, impulsar la generación de una *cultura científica* y, desde luego, repensar (y reformar) la manera en la que hasta ahora se ha aprendido (y enseñado) la ciencia; actividad, precisa el autor, que le ha permitido, a sus 89 años, no envejecer. Y es que, argumenta,

Mi trabajo es estimulante, divertido, muy variable, siempre hago lo que me gusta, no tengo jefe ni horario de trabajo, nunca he estado aburrido en mi laboratorio, hago el mejor uso que puedo de mi cerebro, no dejo que me tomen el pelo ni los comerciantes ni los políticos, casi todos mis amigos son científicos y hablo con ellos en su mismo lenguaje, y he sido profesor de muchos científicos, no sólo mexicanos sino de otros países. Y por todo eso es por lo que siempre estoy bien contento.

Germán Iván Martínez Gómez
Escuela Normal de Tenancingo
german_img@yahoo.com.mx

NOTA: Por un error involuntario en el número 98 de *Elementos* omitimos el nombre del autor de este texto. Lo publicamos nuevamente ahora con el crédito correspondiente.

© Luz María Genis, *Recuerdos fundamentales*, 2015.



Libros



CÁMARAS CLÁSICAS

COLIN HARDING

Todo Foto/Tikal

Madrid, 2012

Las cámaras que se consideran clásicas trascienden los límites temporales, monetarios y cuantitativos. Muchas de las incluidas en este libro son antiguas, raras, refinadas y caras, pero otras son sencillas, baratas y modernas. Mientras que nadie dudaría en incluir una Leica, tal vez algunos cuestionarán la categoría de *clásica* de una Kodak Instamatic. Para el autor, Colin Harding, sin embargo, su combinación de diseño innovador y éxito comercial la convierten en una de las más significativas del siglo XX.

Todas las cámaras presentadas en este libro forman parte de la colección del National Media Museum que se encuentra en Bradford (Reino Unido). Abarca una gran variedad de aparatos, desde los de cámara oscura de los primeros años, cámaras de placas húmedas, de placas secas y de película de carrete, hasta las primitivas cámaras digitales.



CÓMO FUNCIONA LA MÚSICA

DAVID BYRNE

MARC VILAPLANA CANUDAS (TRADUCCIÓN)

Sexto Piso Realidades

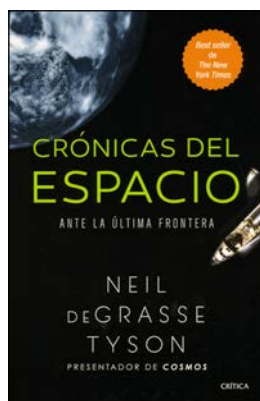
España, 2014

David Byrne es sin duda uno de los músicos más talentosos e innovadores de los últimos tiempos. Además de ser el líder y motor de los legendarios Talking Heads, ha grabado música conjuntamente con gente como Brian Eno, Celia Cruz, Fatboy Slim, Arcade Fire y varios más.

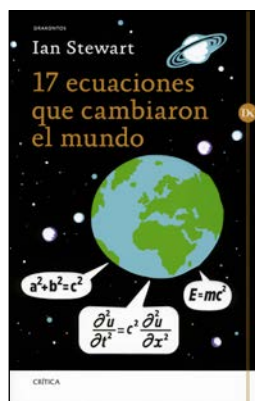
Cómo funciona la música, su más reciente libro, conduce a sus miles de fans tras bambalinas para poder conocer de primera mano cómo funciona la mente creativa musical de David Byrne. El autor explica cómo la música está condicionada por el lugar y tiempo en el que se crea, y cómo la tecnología para grabarla cambió para siempre nuestra relación con la interpretación y escucha de la música.

Alternando en su papel de historiador, antropólogo y científico social musical, con la narración del viaje que lo llevó de ser un introvertido estudiante de arte a crear uno de los grupos más emblemáticos de los últimos tiempos, Byrne disecciona ese extraño temblor inmaterial llamado música, con una prosa tan amena como inteligente, que será disfrutada ampliamente por aquellos lectores interesados en conocer su relación íntima con la actividad a la que ha consagrado buena parte de su vida.

Este libro es la apasionante celebración de un tema al que David Byrne ha dedicado su vida: la música. Divulgativo, literario y documentado, *Cómo funciona la música* combina apasionantes nociones sobre la historia de la tecnología musical, anécdotas autobiográficas sobre su etapa en Talking Heads, un repaso a las corrientes musicales del siglo XX y un interesante análisis sobre el presente y futuro de la industria musical. David Byrne muestra como la música ha sido siempre resultado de circunstancias culturales y de la creatividad individual. En un momento en el que muchos anuncian el fin de la creación musical, un texto tan riguroso y optimista como este es francamente necesario.



CRÓNICAS DEL ESPACIO
ANTE LA ÚLTIMA FRONTERA
NEIL DEGRASSE TYSON
(PRESENTADOR DE COSMOS)
Ediciones Culturales Paidós / Crítica
México, 2015



17 ECUACIONES
QUE CAMBIARON EL MUNDO
IAN STEWART
Ediciones Culturales Paidós / Crítica
México, 2015

Neil deGrasse Tyson es uno de los mayores divulgadores científicos de la actualidad. Tras graduarse en Física por la Universidad de Harvard y obtener un máster de Astronomía por la Universidad de Texas, en Austin, en 1991 se doctoró en Astrofísica por la Universidad de Columbia.

Ha desarrollado su labor como científico e investigador en varias instituciones, entre ellas la Universidad de Maryland, la Universidad de Princeton y el Museo de Historia Natural de Estados Unidos. En la actualidad es el director del Planetario Hayden, en Nueva York.

Es autor de varios libros de divulgación científica y artículos especializados en astronomía y astrofísica. En marzo de 2014, sustituyó al legendario Carl Sagan en la versión del siglo XXI de la gran serie documental Cosmos, que se estrenó a escala mundial en el canal National Geographic. La NASA está en un punto crítico; después de décadas de supremacía mundial, canceló su programa de transbordadores cerrando su acceso al espacio. Hasta 2020, ningún astronauta será lanzado fuera de la órbita terrestre desde suelo estadounidense, y pronto su programa espacial podría ser eclipsado por el de otros países.

Con su característico humor y sus provocadoras ideas, Neil deGrasse Tyson, el célebre presentador del programa Cosmos, ilumina el pasado, el presente y el futuro de la exploración del espacio y nos recuerda de manera brillante por qué la NASA importa más que nunca.

Estas crónicas son una lectura provocadora y ágil que representan lo mejor del pensamiento del autor y reflexionan sobre temas tan diversos como la literatura científica y los tropiezos de las misiones espaciales, brindando una visión del futuro necesaria, clara y, sobre todo, inspiradora.

Ian Stewart (1945) es catedrático de Matemáticas en la Universidad de Warwick. Desde 2001 es miembro de la Royal Society; además de un distinguido matemático, es un prolífico y celebrado divulgador de la disciplina a la que se dedica. Autor de *¿Es Dios un geómetra?* (1995), *El laberinto mágico* (2000), *Locos por las matemáticas* (2005), *Cartas a una joven matemática* (2006), *¿Juega Dios a los dados?* (2007), *Cómo corear un pastel* (2007), *Belleza y verdad* (2008), *Historia de las matemáticas en los últimos 10,000 años* (2008), *La cuadratura del cuadrado* (2009), *Baúl de tesoros matemáticos* (2010) y *Las matemáticas de la vida* (2011), todos publicados en Crítica.

Las ecuaciones, esos conjuntos de números y símbolos separados por el signo igual, son el alma de las matemáticas, la ciencia y la tecnología. Sin ellas, nuestro mundo no existiría en su forma actual: escondidas para muchos, han constituido una fuerza motriz en la civilización humana durante miles de años, abriendo nuevas perspectivas en campos tan variados como las comunicaciones, la tecnología espacial o la física nuclear. Que es así, es algo que se encarga de demostrar, con su maestría habitual, el distinguido matemático y destacado divulgador Ian Stewart. Para ello ha seleccionado 17 ecuaciones pertenecientes a dos grupos diferentes. Uno es el de las ecuaciones que revelan regularidades matemáticas, como el teorema de Pitágoras, que nos dice cómo están relacionados los tres lados de un triángulo rectángulo, mientras que el otro es el de las ecuaciones que expresan leyes de la naturaleza, como la ley de gravitación universal de Newton, las ecuaciones del electromagnetismo de Maxwell, la ecuación de Schrödinger de la mecánica cuántica, o la ecuación desarrollada por Claude Shannon que define cuánta información contiene un mensaje.





In memoriam: Óscar Arturo Diez Martínez y Day

Óscar Arturo Diez Martínez y Day (1948-2015), médico egresado de la UNAM, estudió la Maestría en Bioquímica en la Facultad de Química de la UNAM y en 1981 obtuvo, en la Universidad de California en Los Ángeles, el título de Doctor en Filosofía de la Anatomía (Ph.D.) con especialidades en Neuroanatomía y Neurofisiología.

Se reintegró a la Facultad de Medicina de la UNAM como catedrático en el área de Fisiología y trabajó allí como docente e investigador hasta 1988, año en el que se trasladó al Departamento de Fisiología del Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla, sitio donde trabajó como Profesor Investigador Titular Tiempo Completo hasta el año de 1990. Durante estos años en la Universidad Autónoma de Puebla, Óscar Diez y su compañera Guadalupe Prieto colaboraron de forma decisiva en la puesta en marcha del posgrado en fisiología y contribuyeron a sentar las bases de lo que, en 1994, se convertiría en lo que hoy es el Instituto de Fisiología de la BUAP.

En el año de 1994, luego de un periodo de casi 4 años dedicado a la medicina privada y la docencia como profesor hora clase, Óscar Diez fue contratado como Profesor Tiempo Completo en la Universidad de las Américas (UDLA), institución en la que permaneció hasta su muerte.

Óscar Diez fue un hombre profundo con una dedicación y disciplina científica admirables. Siempre preocupado por la calidad y veracidad de su trabajo científico, con la entrega que le caracterizó abordó el estudio de la neurofisiología del sistema somatosensorial, campo en el cual realizó importantes contribuciones en diversas publicaciones internacionales en las que la precisión de su trabajo y el rigor científico fueron su principal característica. Con sus profesores Héctor Brust Carmona y Juan Antonio Roig estudió la aferencia somatosensorial al núcleo caudado; con el profesor José Segundo, en Los Ángeles, realizó trabajos en receptores de estiramiento de cangrejo de río en los que describió la expresión del fenómeno de histéresis; igualmente, con Segundo, fueron pioneros en el estudio de las interacciones entre osciladores neuronales y la expresión de intermitencia y bifurcaciones en dichos sistemas. Posteriormente, durante su trabajo en el Departamento de Fisiología incursionó en el modelaje computacional de la difusión y el transporte iónico y en el estudio de la respuesta neuronal a la modulación periódica de su excitabilidad y en el análisis de la complejidad dimensional de sistemas neuronales, el efecto de la resonancia estocástica en la respuesta a la entrada somatosensorial y el estudio de series de tiempo para el análisis de la información en sistemas de señalización y moléculas.

En los últimos años dirigió su atención al estudio de la actividad eléctrica cerebral y su correlación con procesos cognitivos y al estudio minucioso de las drogas y adicciones. Producto de este trabajo resultó el libro “Drogas y Conducta. Propiedades, efectos, usos médicos y riesgos potenciales de las drogas psicotrópicas” cuyos autores son Ingrid Serrano Flyckt y Óscar Diez Martínez y Day, y que fue en su momento motivo de una reseña en *Elementos* (No. 82, p. 59, 2011 disponible en: www.elementos.buap.mx/num82/pdf/59.pdf).

Sea pues este un reconocimiento minúsculo al amigo, profesor y científico que lamentablemente murió de forma inesperada.



