

CONVOLVULACEA.

*Esencia nueva*

Volumen 5 - Número Especial - Octubre / Diciembre 2018

# REVISTA INCLUSIONES

REVISTA DE HUMANIDADES  
Y CIENCIAS SOCIALES

ISSN 2719-4706

## *Historia de las ciencias en México*

EDITORES

JOSÉ ALFREDO URIBE SALAS

MARÍA TERESA CORTÉS ZAVALA

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

MÉXICO

CUADERNOS DE SOFÍA  
EDITORIAL

EXOGONIUM OLIVÆ. (Bárcena)

*1 Pistilo 2 Figura mas general de las bracteis*

**CUERPO DIRECTIVO**

**Directora**

**Mg. © Carolina Cabezas Cáceres**  
*Universidad de Los Andes, Chile*

**Subdirector**

**Dr. Andrea Mutolo**  
*Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México*

**Dr. Juan Guillermo Mansilla Sepúlveda**  
*Universidad Católica de Temuco, Chile*

**Editor**

**Drdo. Juan Guillermo Estay Sepúlveda**  
*Editorial Cuadernos de Sofía, Chile*

**Editor Científico**

**Dr. Luiz Alberto David Araujo**  
*Pontificia Universidad Católica de Sao Paulo, Brasil*

**Cuerpo Asistente**

**Traductora Inglés**

**Lic. Pauline Corthorn Escudero**  
*Editorial Cuadernos de Sofía, Chile*

**Traductora: Portugués**

**Lic. Elaine Cristina Pereira Menegón**  
*Editorial Cuadernos de Sofía, Chile*

**Portada**

**Sr. Felipe Maximiliano Estay Guerrero**  
*Editorial Cuadernos de Sofía, Chile*

**COMITÉ EDITORIAL**

**Dra. Carolina Aroca Toloza**  
*Universidad de Chile, Chile*

**Dr. Jaime Bassa Mercado**  
*Universidad de Valparaíso, Chile*

**Dra. Heloísa Bellotto**  
*Universidad de Sao Paulo, Brasil*

**Dra. Nidia Burgos**  
*Universidad Nacional del Sur, Argentina*

**Mg. María Eugenia Campos**  
*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Lancelot Cowie**  
*Universidad West Indies, Trinidad y Tobago*

**Dr. Francisco José Francisco Carrera**  
*Universidad de Valladolid, España*

**Mg. Keri González**  
*Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México*

**Dr. Pablo Guadarrama González**  
*Universidad Central de Las Villas, Cuba*

**Mg. Amelia Herrera Lavanchy**  
*Universidad de La Serena, Chile*

**Dr. Aleksandar Ivanov Katrandzhiev**  
*Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria*

**Mg. Cecilia Jofré Muñoz**  
*Universidad San Sebastián, Chile*

**Mg. Mario Lagomarsino Montoya**  
*Universidad de Valparaíso, Chile*

**Dr. Claudio Llanos Reyes**

*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*

**Dr. Werner Mackenbach**

*Universidad de Potsdam, Alemania  
Universidad de Costa Rica, Costa Rica*

**Mg. Rocío del Pilar Martínez Marín**

*Universidad de Santander, Colombia*

**Ph. D. Natalia Milanesio**

*Universidad de Houston, Estados Unidos*

**Dra. Patricia Virginia Moggia Münchmeyer**

*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*

**Ph. D. Maritza Montero**

*Universidad Central de Venezuela, Venezuela*

**Mg. Liliana Patiño**

*Archiveros Red Social, Argentina*

**Dra. Eleonora Pencheva**

*Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria*

**Dra. Rosa María Regueiro Ferreira**

*Universidad de La Coruña, España*

**Mg. David Ruete Zúñiga**

*Universidad Nacional Andrés Bello, Chile*

**Dr. Andrés Saavedra Barahona**

*Universidad San Clemente de Ojrid de Sofía, Bulgaria*

**Dr. Efraín Sánchez Cabra**

*Academia Colombiana de Historia, Colombia*

**Dra. Mirka Seitz**

*Universidad del Salvador, Argentina*

**Dra. Leticia Celina Velasco Jáuregui**

*Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores  
de Occidente ITESO, México*

**COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL**

**Comité Científico Internacional de Honor**

**Dr. Adolfo A. Abadía**

*Universidad ICESI, Colombia*

**Dr. Carlos Antonio Aguirre Rojas**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Martino Contu**

*Universidad de Sassari, Italia*

**Dr. Luiz Alberto David Araujo**

*Pontificia Universidad Católica de Sao Paulo, Brasil*

**Dra. Patricia Brogna**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Horacio Capel Sáez**

*Universidad de Barcelona, España*

**Dr. Javier Carreón Guillén**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dra. Isabel Cruz Ovalle de Amenabar**

*Universidad de Los Andes, Chile*

**Dr. Rodolfo Cruz Vadillo**

*Universidad Popular Autónoma del Estado de  
Puebla, México*

**Dr. Adolfo Omar Cueto**

*Universidad Nacional de Cuyo, Argentina*

**Dr. Miguel Ángel de Marco**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Dra. Emma de Ramón Acevedo**

*Universidad de Chile, Chile*

**Dr. Gerardo Echeita Sarrionandia**

*Universidad Autónoma de Madrid, España*

**Dra. Patricia Galeana**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dra. Manuela Garau**

*Centro Studi Sea, Italia*

**Dr. Carlo Ginzburg Ginzburg**

*Scuola Normale Superiore de Pisa, Italia  
Universidad de California Los Ángeles,  
Estados Unidos*

**Dr. José Manuel González Freire**

*Universidad de Colima, México*

**Dra. Antonia Heredia Herrera**

*Universidad Internacional de Andalucía, España*

**Dr. Eduardo Gomes Onofre**

*Universidade Estadual da Paraíba, Brasil*

**Dra. Blanca Estela Zardel Jacobo**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Miguel León-Portilla**

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

**Dr. Miguel Ángel Mateo Saura**

*Instituto de Estudios Albacetenses “don Juan  
Manuel”, España*

**Dr. Carlos Tulio da Silva Medeiros**

*Diálogos en MERCOSUR, Brasil*

**Dr. Álvaro Márquez-Fernández**

*Universidad del Zulia, Venezuela*

**Dr. Oscar Ortega Arango**

*Universidad Autónoma de Yucatán, México*

**Dr. Antonio-Carlos Pereira Menaut**

*Universidad Santiago de Compostela, España*

**Dr. José Sergio Puig Espinosa**

*Dilemas Contemporáneos, México*

**Dra. Francesca Randazzo**

*Universidad Nacional Autónoma de Honduras,  
Honduras*

**Dra. Yolanda Ricardo**

*Universidad de La Habana, Cuba*

**Dr. Manuel Alves da Rocha**

*Universidade Católica de Angola Angola*

**Mg. Arnaldo Rodríguez Espinoza**

*Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica*

**Dr. Miguel Rojas Mix**

*Coordinador la Cumbre de Rectores Universidades  
Estatales América Latina y el Caribe*

**Dr. Luis Alberto Romero**

*CONICET / Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Dra. Maura de la Caridad Salabarría Roig**

*Dilemas Contemporáneos, México*

**Dr. Adalberto Santana Hernández**

*Universidad Nacional Autónoma de México,  
México*

**Dr. Juan Antonio Seda**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Dr. Saulo Cesar Paulino e Silva**

*Universidad de Sao Paulo, Brasil*

**Dr. Miguel Ángel Verdugo Alonso**

*Universidad de Salamanca, España*

**Dr. Josep Vives Rego**

*Universidad de Barcelona, España*

**Dr. Eugenio Raúl Zaffaroni**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Comité Científico Internacional**

**Mg. Paola Aceituno**

*Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile*

**Ph. D. María José Aguilar Idañez**

*Universidad Castilla-La Mancha, España*

**Mg. Elian Araujo**

*Universidad de Mackenzie, Brasil*

**Mg. Romyana Atanasova Popova**

*Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria*

**Dra. Ana Bénard da Costa**

*Instituto Universitario de Lisboa, Portugal*

*Centro de Estudios Africanos, Portugal*

**Dra. Alina Bestard Revilla**

*Universidad de Ciencias de la Cultura Física y  
el Deporte, Cuba*

**Dra. Noemí Brenta**

*Universidad de Buenos Aires, Argentina*

**Ph. D. Juan R. Coca**

*Universidad de Valladolid, España*

**Dr. Antonio Colomer Vialdel**

*Universidad Politécnica de Valencia, España*

**Dr. Christian Daniel Cwik**

*Universidad de Colonia, Alemania*

**Dr. Eric de Léséulec**

*INS HEA, Francia*

**Dr. Andrés Di Masso Tarditti**

*Universidad de Barcelona, España*

**Ph. D. Mauricio Dimant**

*Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel*

**Dr. Jorge Enrique Elías Caro**

*Universidad de Magdalena, Colombia*

**Dra. Claudia Lorena Fonseca**

*Universidad Federal de Pelotas, Brasil*

**Dra. Ada Gallegos Ruiz Conejo**

*Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú*

**Dr. Francisco Luis Giraldo Gutiérrez**

*Instituto Tecnológico Metropolitano,  
Colombia*

**Dra. Carmen González y González de Mesa**

*Universidad de Oviedo, España*

**Mg. Luis Oporto Ordóñez**

*Universidad Mayor San Andrés, Bolivia*

**Dr. Patricio Quiroga**

*Universidad de Valparaíso, Chile*

**Dr. Gino Ríos Patio**

*Universidad de San Martín de Porres, Per*

**Dr. Carlos Manuel Rodríguez Arrechavaleta**

*Universidad Iberoamericana Ciudad de  
México, México*

**Dra. Vivian Romeu**

*Universidad Iberoamericana Ciudad de  
México, México*

**Dra. María Laura Salinas**

*Universidad Nacional del Nordeste, Argentina*

**Dr. Stefano Santasilia**

*Universidad della Calabria, Italia*

**Mg. Silvia Laura Vargas López**

*Universidad Autónoma del Estado de  
Morelos, México*

**Dra. Jaqueline Vassallo**

*Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*

**Dr. Evandro Viera Ouriques**

*Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil*

**Dra. María Luisa Zagalaz Sánchez**

*Universidad de Jaén, España*

**Dra. Maja Zawierzeniec**

*Universidad Wszechnica Polska, Polonia*

Editorial Cuadernos de Sofía / Revista

Inclusiones / Santiago – Chile

Representante Legal

Juan Guillermo Estay Sepúlveda Editorial



### Indización y Bases de Datos Académicas

Revista Inclusiones, se encuentra indizada en:



Information Matrix for the Analysis of Journals



CATÁLOGO



DOAJ DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS





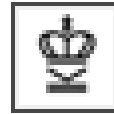
**WZB**

Berlin Social Science Center



uOttawa

Bibliothèque  
Library



REX

BIBLIOTECA ELECTRÓNICA  
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Ministerio de  
Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva



Uniwersytet  
Wrocławski



Stanford University  
LIBRARIES



PRINCETON UNIVERSITY  
LIBRARY

WESTERN  
THEOLOGICAL SEMINARY



ROAD

DIRECTORY  
OF OPEN ACCESS  
SCHOLARLY  
RESOURCES



**LA ESTANDARIZACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA EN MÉXICO EN EL SIGLO XIX:  
IMPERIALISMO Y UNIVERSALIZACIÓN DE LA CIENCIA<sup>1</sup>**

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL STANDARDIZATION IN 19TH CENTURY MEXICO:  
IMPERIALISM AND SCIENCE UNIVERSALIZATION**

**Dra. Luz Fernanda Azuela Bernal**

Universidad Nacional Autónoma de México, México  
lazuela@igg.unam.mx

**Fecha de Recepción:** 30 de mayo de 2018 – **Fecha de Aceptación:** 10 de julio de 2018

**Resumen**

Uno de los efectos de los intercambios técnicos y la circulación masiva de mercancías, derivados de la Revolución Industrial fue la exigencia de estandarizar las medidas en todas las operaciones comerciales, así como en el diseño de las máquinas, los medios de comunicación y las transacciones políticas. En el ámbito de la ciencia había un requerimiento similar para la homologación de los instrumentos científicos y sus procedimientos, igual que los sistemas de medición. Este trabajo discutirá la participación de México en tres procesos de estandarización científica que se verificaron en el siglo XIX, tomando en consideración sus antecedentes históricos, sus vínculos con el orden político y económico del mundo y los argumentos epistemológicos que se expresaron en torno a la cuestión.

**Palabras Claves**

Estandarización científico-técnica – Siglo XIX – México

**Abstract**

One of the effects of the technical exchanges and the massive circulation of merchandise, derived from the Industrial Revolution, was the requirement to standardize all measures involved in commercial operations, as well as in machines design, means of transportation and communication, and political transactions. In the field of science there was a similar requirement for the homologation of scientific instruments and their procedures, as well as measurement systems. This paper will discuss Mexico's participation in three scientific standardization processes that took place in the 19th Century. Considerations about their historical background, their links with the political and economic order of the world, and the epistemological arguments that were expressed around the question, will be taken into account to explain those processes.

**Keywords**

Scientific and technical standardization – XIXth Century – Mexico

---

<sup>1</sup> Esta investigación es parte del proyecto PAPIIT núm. IN 302416: "Las investigaciones geográficas y naturalistas en México (1786-1950)". Responsable Dra. Luz Fernanda Azuela Bernal, Instituto de Geografía-UNAM. Colaboraron en la investigación Andrés Moreno Nieto, Alejandra Montiel Reyes, José Daniel Serrano Juárez, Juan Escobar Puente y Otoniel Eduardo López Ortiz.

## 1.- El papel de la ciencia en la expansión del capitalismo

Como es bien sabido, el siglo XIX es el período de la “invención de la ciencia”, y también es el tiempo de su expansión desde las metrópolis europeas hacia casi todos los rincones del globo. Por ello y porque tal invención ocurrió en aquellos centros de poder, algunos estudios han interpretado a la ciencia como una de las expresiones más nítidas del capitalismo.<sup>2</sup> Esto, en virtud de que la ciencia no se limitó a la producción del conocimiento, sino que se integró al proceso de expansión del capital, como uno de sus más activos y provechosos recursos, que extendería su influencia y su código de valores a todos los rincones del mundo occidental. De manera que su propagación hacia las viejas colonias españolas, los inexplorados territorios africanos y las antiguas civilizaciones asiáticas, implicó no sólo la transformación de las economías locales y su subordinación a los capitales europeos, sino la apropiación de representaciones culturales foráneas que redefinieron las prácticas locales de sus habitantes y sustituyeron los saberes tradicionales por una definición alternativa del orden natural, social y cultural.<sup>3</sup>

Recíprocamente, el dominio formal e informal de esas otras geografías implicó el desplazamiento hacia las metrópolis de conocimientos nuevos derivados de la exploración territorial, el registro de sus recursos naturales, la reinterpretación y apropiación de sus saberes locales (especialmente terapéuticos), entre otros elementos patrimoniales.<sup>4</sup> Además de que tales actividades de exploración, así como las involucradas en la dominación política y/o financiera, plantearon problemas que afectaron la dirección y el contenido de las prácticas científicas en una amplia gama disciplinar.<sup>5</sup>

Para facilitar el tránsito de hombres, mercancías y conocimientos entre sus dominios en el exterior y sus instituciones políticas, mercantiles y científicas, las principales capitales europeas habían ideado una serie de tecnologías dirigidas a facilitar las tareas de control y administración a distancia, en las que el uso de normas y estándares en los ámbitos científicos y comerciales desempeñaron un papel decisivo para consolidar el dominio metropolitano.

Para esclarecer la afirmación anterior conviene recuperar el concepto de “móviles inmutables” de Bruno Latour, que nos permitirá dar cuenta de los mecanismos que operaron en aquel tráfico de conocimientos y mercancías y desentrañar el papel político de la práctica científica en la expansión imperialista.

De acuerdo con el autor, la única manera de controlar políticamente el extenso territorio de algún imperio expansionista y “llevar las tierras mismas” de cada uno de los espacios dominados a la residencia imperial para reunir ahí a las centenas de miles de

<sup>2</sup> Andrew Cunningham y Perry Williams, “De-Centring the ‘Bic Picture’: The Origins of Modern Science and the Modern Origins of Science”, *The British Journal for the History of Science* Vol. 26 No. 4 (1993): 426.

<sup>3</sup> Evidentemente, la expansión de la ciencia no ocurrió de la misma manera en todas las regiones, pues mientras que en los espacios coloniales su implantación fue compulsiva, en otros sitios se indujo por la vía de los intercambios comerciales y culturales, en los que las metrópolis europeas mantenían la supremacía. Desde luego, el proceso enfrentó resistencias de todo orden, que han sido examinadas por los estudiosos y que no serán objeto de este estudio.

<sup>4</sup> Como sus obras de arte, vestigios arqueológicos y tesoros de todo orden y formato

<sup>5</sup> Bruce J. Hunt, “Doing Science in a Global Empire: Cable Telegraphy and Electrical Physics in Victorian Britain”, en *Victorian Science in Context*, ed. Bernard Lightman, (Chicago: The University of Chicago Press, 1997), 312.

habitantes, que en sus numerosas lenguas darían cuenta de sus características, sus prácticas productivas, sus recursos y el régimen climático de sus tierras, era traduciendo las cosas en cifras y transcribiéndolas en papeles, para ponerlas a disposición del monarca.<sup>6</sup> En otras palabras, las prácticas de la geografía, la estadística, la historia natural y la meteorología, transmutarían la complejidad aparente de las economías locales –sus productos agrícolas, sus rendimientos mineros, o su potencial forestal- en “móviles inmutables”, expresados en nítidas columnas de cifras y porcentajes, mapas e inventarios. Con ellos a la mano, el soberano dominaría el territorio analizado por los científicos y se generaría una nueva relación de fuerzas entre el imperio y los territorios colonizados.

Pero la eficacia de los móviles depende de su estabilidad y combinabilidad, de manera que el uso compartido de estándares y normas es un requisito indispensable para la práctica científica y la acción política. Esto en virtud de que la estabilidad de aquellas cifras, tablas, mapas e inventarios sólo se consigue mediante normalización de los métodos para levantar los datos y registrarlos de manera inteligible, así como a través de la homologación de las medidas con que se expresan. Y evidentemente, la única manera de posibilitar su combinabilidad con otros resultados semejantes y facilitar su tránsito entre las redes científicas y comerciales, es mediante el uso de lenguajes comparables y sistemas estandarizados de cálculo y medición.

En el caso de México, la extensión de los conceptos científicos, sus lenguajes y métodos de investigación partió de España en el siglo XVI y se mantuvo dentro de los límites epistémicos y los objetivos políticos que estableció la monarquía a lo largo de trescientos años.<sup>7</sup> Pero a partir de la Independencia (1821), la apertura comercial hacia otros países se acompañó de intercambios culturales y científicos que intensificaron la incorporación de los valores y metas de la ciencia occidental a los objetivos locales de investigación, al tiempo que se incrementaba la inversión extranjera a través de empresas extractivas y se emprendían acciones encaminadas a lograr la inserción del país en el comercio internacional de materias primas.

Con el paso del tiempo, y a través de la circulación de libros de texto, novelas, música, obras de teatro, revistas y periódicos, entre otros medios, los sectores alto y medio de la sociedad mexicana habían incrementado su acervo cultural, especialmente con los intercambios británicos y franceses, mientras que los científicos se habían apropiado de los valores y productos de la ciencia de sus capitales y le habían asignado un lugar preponderante dentro de la vida social y cultural. Específicamente, se le había adjudicado la capacidad de promover el progreso del país, a través de una visión utilitaria de la ciencia, semejante a la ultramarina, pero que aquí se vinculó con el propósito de contribuir a la autonomía intelectual, no menos que política y económica del país.

Dentro de ese esquema la enseñanza y la práctica de las ciencias en nuestro país siguió las pautas europeas, aunque dentro de los márgenes del reducido esquema institucional y el magro presupuesto que afectó el convulso siglo diecinueve mexicano. Sin embargo, la ciencia local incorporó paulatinamente los estándares y normas que se generaban en las metrópolis, y en el último cuarto de siglo, se sumó a los foros

---

<sup>6</sup> Paráfrasis de Bruno Latour, *Ciencia en acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad* (Madrid: Labor, 1993), 213.

<sup>7</sup> Con ello no omito la apertura que se verificó en el período ilustrado y que se tradujo en el florecimiento de la ciencia colonial y metropolitana, pero insisto en que la primera se sujetó a los objetivos de la segunda, con muy pocas disensiones.

internacionales que convinieron su adopción global, consciente de las ventajas epistémicas que conllevaba, no menos que los beneficios económicos que brindaría, como detallaré a continuación.

## 2.- La estandarización como elemento esencial de los “móviles inmutables”

Como mencioné, desde el surgimiento de la ciencia moderna en el siglo XVII los procedimientos de laboratorio y sus instrumentos habían demandado la construcción de redes de distribución de valores y estándares para la reproducción de los experimentos -y su ulterior validación- a nivel internacional. En otras palabras, el desarrollo de la ciencia se había acompañado de largos procesos para la normalización de sus prácticas, en los que no estuvieron ausentes los ingredientes políticos y las controversias epistemológicas.<sup>8</sup>

El problema no era privativo de las prácticas científicas, ya que en el ámbito comercial y otros sectores sociales se demandaba la homologación de las medidas para facilitar sus diversas prácticas. De acuerdo con Gillispie, en las últimas décadas del Antiguo Régimen se había alcanzado un acuerdo generalizado entre la comunidad científica y los empresarios sobre la urgente necesidad de reemplazar "el caótico complejo de pesos y medidas heredado de la Edad Media, por un sistema estandarizado [...], que incluyera tanto unidades científicas como comerciales y estuviera basado [...] en una unidad lineal que sería invariable si derivaba de la naturaleza".<sup>9</sup>

Como es sabido, a partir de las mediciones realizadas por destacados astrónomos franceses,<sup>10</sup> el metro se definió como la diezmillonésima parte de la distancia que separa el polo de la línea del ecuador, a través de la superficie terrestre. De acuerdo con Félix H. Pezet, con la definición del metro como sustento de un sistema decimal de pesas y medidas, Francia ofreció al mundo civilizado "un sistema único, universal, que sustituiría a todos los demás sistemas imprecisos y arbitrarios que, bajo la oscuridad del caos y del fraude, se utilizaban en todo el mundo".<sup>11</sup> Evidentemente, entre las premisas que se ponderaron como ventajas para adoptarlo, destacaron las virtudes de su origen "natural y racional", no menos que su papel clave para el avance económico, político y científico.

Sin embargo, su adopción enfrentó numerosos obstáculos a los que aludiré más adelante, sin dejar de subrayar que el clamor de científicos y comerciantes para estandarizar las medidas involucradas en sus actividades se acrecentó en las primeras décadas del siglo XIX, junto con la demanda de que los gobiernos tomaran cartas en el asunto. En ese ambiente tuvo lugar el surgimiento de la metrología, como la ciencia

<sup>8</sup> Los obstáculos que representaba la ausencia de estándares consensados han sido estudiados por numerosos historiadores de la ciencia, quienes han abordado los procesos particulares de ciencias como la física, la química y la estadística, entre otras. La obra que aborda tales dificultades para el caso de los experimentos de Boyle en la Royal Society, y que se ha constituido en un referente historiográfico es Steven Shapin y Simon Schaffer, *El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental* (Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2005).

<sup>9</sup> Charles C. Gillispie, "The Distorted Meridian", *Isis* Vol. 98 (2007): 788.

<sup>10</sup> La Comisión Científica de la Academia Francesa que llevó a cabo las mediciones, estuvo integrada por los astrónomos Jean-Baptiste Joseph Delambre (1749-1822) y Pierre François André Méchain (1744-1804).

<sup>11</sup> Felix H. Pezet Sandoval, "Los prototipos nacionales del sistema métrico decimal", en *Metros, leguas y mecatres. Historia de los sistemas de medición en México*, coords. Héctor Vera y Virginia García Acosta (México: CIESAS-CIDESI, 2011), 123.

encargada de estudiar los aspectos teóricos y prácticos de la medición. De acuerdo con Schaffer, el término apareció por primera vez en inglés en un texto del matemático y contador Patrick Kelly, "apóstol de la ciencia del intercambio y miembro fundador de la Sociedad Astronómica". El escrito de 1816 afirmaba que "los mercaderes expansionistas exigían que el estado garantizara la confiabilidad de las cifras en la nueva economía mundial de los imperios comerciales de aquellos años".<sup>12</sup>

Aquí hay que advertir el énfasis de Kelly en "la confiabilidad de las cifras", un atributo que buscaban tanto científicos como empresarios para el ejercicio de sus actividades, en un ambiente en el que se generalizaba progresivamente la cultura de la precisión instrumental y su expresión numérica, tanto en las prácticas de laboratorio como en otros ámbitos de la vida social. Y una exigencia, que habitaba en el corazón del proceso de estandarización, pues éste implicaba el uso extensivo de medidas, normas operativas e instrumentales de carácter internacional para facilitar la movilidad y combinabilidad de productos científicos y comerciales.

En el caso específico de la ciencia, la normalización de sus prácticas en el mundo occidental -y su ulterior expansión a otras latitudes- demandó la formación de redes de distribución de valores y estándares para la reproducción de los experimentos -y su ulterior validación-; la unificación de los procedimientos de laboratorio y la estandarización de los instrumentos.

El proceso de industrialización generó la misma necesidad, pues para incrementar la productividad y facilitar los intercambios se precisó la implementación de estándares en la fabricación de maquinaria, partes, refacciones y materiales, con el fin de que se convirtieran en piezas intercambiables y se alcanzaran las metas de maximizar la eficiencia en el ensamblaje y fabricación de las mercancías. Además, la estandarización abarataría las reparaciones y promovería la eficiencia de los trabajadores en diversos ámbitos laborales, al usar máquinas y herramientas familiares.

La misma revolución industrial generó un incremento en la demanda del transporte de las mercancías, que se satisfizo con la invención del ferrocarril y la progresiva extensión de sus redes de comunicación. Sin embargo, en una primera etapa cada compañía ferroviaria definía una dimensión particular para el ancho de la vía, de manera que los trenes sólo podían transitar en las líneas de la propia empresa.<sup>13</sup> Este obstáculo para la circulación ferroviaria demandó el acuerdo inter-empresarial de estandarizar la misma distancia entre los rieles en casi todo el sistema ferroviario europeo y norteamericano.<sup>14</sup>

<sup>12</sup> Simon Schaffer, "Metrology, Metrication, and Victorian Values", en *Victorian Science in Context*, ed. Bernard Lightman (Chicago: The University of Chicago Press, 1997), 440.

<sup>13</sup> Este fenómeno fue particularmente crítico en los Estados Unidos, durante la Guerra Civil e impelió el reconocimiento de las ventajas militares y comerciales de la estandarización del ancho de vía, por parte del gobierno. Véase American National Standards Institute. *Through History with Standards* (s.l.: American National Standards Institute, 2018), [https://www.ansi.org/consumer\\_affairs/history\\_standards](https://www.ansi.org/consumer_affairs/history_standards) (consultado el 05/06/2017).

<sup>14</sup> Hubo países como España que no lo adoptaron por diversas consideraciones, como las condiciones orográficas del país que, a juicio de los ingenieros a cargo, requerían líneas férreas con una vía más ancha, lo que suponía su vez, una mayor potencia de carga. También se trató de frenar con ello una posible invasión a la Península. Véase el "Informe Subercase" del 2 de noviembre de 1844. [https://www.grijalvo.com/Subercase/Informe\\_Subercase\\_modernizado.htm](https://www.grijalvo.com/Subercase/Informe_Subercase_modernizado.htm) (consultado el 15/06/2017).



Otro requerimiento de estandarización de la misma industria se relacionó con el tiempo, pues históricamente cada localidad se regía por su propia hora, establecida mediante la observación del sol al mediodía. Pero la aparición del ferrocarril suscitó una serie de inconvenientes por la discrepancia entre las horas locales de las estaciones, pues era difícil conciliar los horarios de llegadas y salidas de los trenes.

En la Gran Bretaña las empresas ferroviarias comenzaron a tomar medidas para evitar esos tropiezos en 1840, cuando “la Great Western Railway dispuso que, en sus estaciones, los horarios de los trenes se rigieran por la hora de Londres; a esta medida se sumaron otras compañías, así como muchas localidades”.<sup>15</sup> La estandarización de la hora en ese país se fue generalizando a lo largo del siglo, ahora con el auxilio de la astronomía y la comunicación telegráfica del tiempo desde los principales observatorios, hasta que en 1880 se estableció la hora media de Greenwich como la hora legal del Reino Unido.

Pero no todos los países siguieron el ejemplo británico, como revela el hecho de que en la misma década los ferrocarriles de los Estados Unidos refirieran sus horarios con respecto a diez observatorios distintos, situados en diversos estados del país, dando como resultado el uso de “más de 75 estándares horarios en los diversos ferrocarriles, además de los innumerables tiempos locales vigentes en las diferentes poblaciones”.<sup>16</sup>

Evidentemente, el progreso científico en diversas disciplinas había generado necesidades análogas, que se habían resuelto entre los especialistas a lo largo de la centuria. Pero en el caso particular del electromagnetismo, el crecimiento de la industria eléctrica y sus numerosas aplicaciones tecnológicas requirió la definición de estándares específicos, cuya definición tenía implicaciones tanto de carácter económico, como de índole epistémica. Esto fue particularmente crítico en el último tercio del siglo XIX, cuando evolucionó la telegrafía terrestre hacia la implementación del cable telegráfico submarino, impulsado por el imperio británico, con la mira de mantener el control de sus intereses ultramarinos mediante una comunicación eficiente.

### **3.- La estandarización de las prácticas científicas y comerciales en México como estrategia política**

Durante el Porfiriato se llevaron a cabo una serie de proyectos que fortalecieron el sistema científico-técnico del país, así como su infraestructura material, con el fin de propiciar el desarrollo económico y la estabilidad política.<sup>17</sup> A lo largo del período se crearon una serie de establecimientos científicos fundados como el Observatorio Astronómico Nacional (OAN) (1876), el Observatorio Meteorológico Central (OMC) (1877)

<sup>15</sup> Samuel Doble Gutiérrez, “La estandarización del Meridiano de Greenwich”, Libro de Actas de los años XV y XVI del Seminario Orotova de Historia de la Ciencia. Ciencia y Cultura de Rousseau a Darwin (Tenerife: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2008), 9. [http://www.divulgameteo.es/uploads/Estandarizaci%C3%B3n-meridiano-Greenwich.pdf\\_\(consultado el 05/06/2017\).](http://www.divulgameteo.es/uploads/Estandarizaci%C3%B3n-meridiano-Greenwich.pdf_(consultado%20el%2005/06/2017).)

<sup>16</sup> El caso mexicano aún no ha sido estudiado, pero presumiblemente habría ocurrido algo similar, pues la definición de la hora legal del país tuvo que esperar el establecimiento del Observatorio Astronómico Nacional (1876), así como la definición del meridiano de referencia para su precisa determinación. Sobre la situación en los EUA, véase H. S. S. Smith, “Standard Time”, Transactions of the Annual Meetings of the Kansas Academy of Science Vol. 8 (1881-1882): 30.

<sup>17</sup> Se denomina Porfiriato a la gestión presidencial de Porfirio Díaz (1876-1880 y 1884-1911), en la que se incluye la presidencia de Manuel González (1880-1884).

-con su red de observatorios a lo largo del territorio-, la Comisión Geográfico-Exploradora (CGE) (1878), la Dirección General de Estadística (DGE) (1882), Instituto Médico Nacional (1888), Instituto Geológico de México (1891), Museo Anatomopatológico (1895-1901), Comisión Geodésica Mexicana (1898), Instituto Bibliográfico Mexicano (1899), Comisión de Parasitología Agrícola (1900-1907), Instituto Patológico Nacional (1901), Instituto Bacteriológico Nacional (1905), Comisión Exploradora de la Flora y la Fauna Nacionales (1909), Museo de Historia Natural (1910). Estos organismos estaban dirigidos a la investigación sistemática del territorio nacional y la población, así como a la atención sanitaria y la higiene pública, la elaboración de fármacos y vacunas humanas y veterinarias, con el objeto de que se contara con datos precisos para el control político, la planeación y el desarrollo económico, así como el fortalecimiento del capital demográfico.

Simultáneamente, el gobierno se propuso ampliar la red ferroviaria, que en 1876 sumaba sólo 679 kilómetros -en la ruta de la Ciudad de México al Puerto de Veracruz. Como resultado de inversiones extranjeras, principalmente británicas y estadounidenses, bajo el mandato de Díaz y González se alcanzaron los 20,300 km de líneas férreas en 1910.<sup>18</sup> También durante su gestión se otorgaron concesiones para el establecimiento de la primera red telegráfica del país -que participaba en las actividades del Observatorio Meteorológico-;<sup>19</sup> se abrió paso a la comunicación telefónica, que se inició como un servicio entre las comandancias de policía (1878); y se puso en servicio la trasmisión por cable submarino que conectó al país con el resto del mundo.<sup>20</sup>

Con el objeto de impulsar el fortalecimiento económico y lograr la integración de México en los mercados internacionales, se dieron facilidades a la inversión extranjera, como en el caso de los ferrocarriles; se fundó el Banco Nacional de México; se expidieron los Códigos de Comercio y Minería -que habían estado pendientes a lo largo de la centuria-; y se promovió la afiliación del país en los convenios de estandarización que estaban involucrados en diversas operaciones comerciales y científicas.

Si algunas de estas acciones se dirigían al robustecimiento de la economía interna y el reforzamiento de las capacidades científico-técnicas del país, también estaban vinculadas con el propósito de incentivar los intercambios con los principales centros de investigación relacionados con los establecimientos arriba mencionados. Desde luego, las actividades científicas que estos últimos llevaban a cabo tenían aplicaciones prácticas inmediatas para beneficio local:

El Observatorio Astronómico estaba destinado a servir como referente para la cartografía de precisión que se requería desde la Independencia, pues aún no se contaba con una carta general de la República que cumpliera con los requisitos de exactitud que demandaba la planeación gubernamental. Por su parte, la Comisión Geográfico-

<sup>18</sup> Sergio Ortiz Hernán, *Los Ferrocarriles de México. Una visión social y económica*. 1. La luz de la locomotora (México: Ferrocarriles Nacionales de México, 1987), 279.

<sup>19</sup> El primer servicio teleográfico se inauguró en 1851, pero su consolidación y ampliación a todo el país se llevó a cabo a partir del mandato de Porfirio Díaz. Con ello se posibilitó el registro de datos meteorológicos en las propias oficinas de telégrafos, que se trasmitían al OMC tres veces al día, con lo que se abrió paso al establecimiento de la red meteorológica nacional.

<sup>20</sup> Para las comunicaciones telegráficas internacionales se firmó un contrato entre la Compañía Telegráfica Mexicana, la Western Union Telegraph Company y el gobierno de México en 1897. Posteriormente se contratarían otras empresas para el tendido de cables submarinos. Pablo Macedo, "Comunicaciones y obras públicas", en México. Su evolución social, tomo 2, dir. Justo Sierra (México: J. Ballezá y compañía, sucesor, 1900), 289-308.

Exploradora, cuya encomienda era justamente construir las cartas generales y particulares de la República,<sup>21</sup> necesitaba de los datos astronómicos que proporcionaría el Observatorio. Además, se esperaba que la cartografía generada acatara los parámetros de la que se producía internacionalmente -a la manera de los “móviles inmutables” antes definidos-, con el fin de que se incorporara a las redes científicas y comerciales de su tiempo.

La confluencia de las prácticas de los tres establecimientos se buscó desde su origen, pues además de los vínculos entre el OAN y la CGE, durante sus primeros años el Observatorio Meteorológico estuvo asociado a la última, en virtud de que aquella tenía el objetivo de "dar a conocer [el territorio nacional] bajo todos sus aspectos, a fin de promover, entre otros beneficios, el de la inmigración extranjera".<sup>22</sup> En cuanto a su proyección internacional, el decreto de creación del OMC anticipaba el "establecimiento de la Red Meteorológica Nacional y [de] las correspondientes relaciones con los Observatorios, Corporaciones Científicas y Profesores del extranjero".<sup>23</sup>

Esta aspiración de articularse con la ciencia internacional exigió que las tareas del Observatorio Meteorológico Central se sujetaran a los instructivos, estándares y normas, así como al uso de instrumentos específicos, determinados en el exterior. Esto ocurrió en el momento en que México "recibió la invitación formal del Gral. Albert J. Myer del Congreso Internacional de Meteorólogos para tomar parte en el servicio meteorológico internacional simultáneo". Como resultado de este compromiso, el OMC empezó a transmitir sus datos a los observatorios de la red internacional, que por aquel entonces estaba constituida por 19 países: tres en el continente americano -EUA, México y Costa Rica- y el resto en Europa.<sup>24</sup>

Aunado a las iniciativas de estandarización que se han referido, hubo otros esfuerzos que involucraron la participación de México en convenciones internacionales, organizadas para alcanzar acuerdos globales sobre la implementación de normas métricas e instrumentales en los países firmantes. En las páginas siguientes me ocuparé de tres de ellas, haciendo referencia a sus vínculos con la ciencia, local e internacional, así como con la economía mexicana, crecientemente inserta en los mercados internacionales.

<sup>21</sup> También debía elaborar las cartas hidrográficas, de poblaciones y militares.

<sup>22</sup> En la práctica, sin embargo, la CGE mantuvo una relativa autonomía del Observatorio por dos razones: la primera fue de orden técnico, ya que los cálculos astronómicos que realizaron durante sus labores no dependían del OAN, además de que sus labores exigieron su traslado fuera de la Ciudad de México, primero a Puebla y desde 1881 a Xalapa. Por otra parte, la subordinación del Observatorio a la CGE fue breve, ya que 1880 el OMC se convirtió en una entidad autónoma dentro del Ministerio de Fomento. Véase Bernardo García Martínez, "La Comisión Geográfico-Exploradora", *Historia Mexicana* Vol. 24 No. 4 (1975): 491, <http://historiamexicana.colmex.mx/index.php/RHM/article/download/2858/3125>, (consultado el 15/07/2017); Mariano Bárcena, *Memoria del Ministerio de Fomento. 1877-1882* (México: Secretaría de Fomento, 1882), 189.

<sup>23</sup> El decreto ordenaba "la formación del *Calendario Botánico* de las diversas regiones de la República, [para] relacionar los varios fenómenos de la vida vegetal con los cambios atmosféricos [...], base indispensable para el buen éxito de muchas operaciones así agrícolas como fiscales y económicas". Vicente Riva Palacio, "Observatorio Nacional", *Anales del Ministerio de Fomento* Vol. 1 (1877): 45.

<sup>24</sup> Esta invitación se recibió al mes de haber sido creado el Observatorio, en abril de 1877. Véase Vicente Reyes, *Instrucciones especiales para hacer las observaciones internacionales simultáneas*, (México: Imprenta y Litografía de Irineo Paz, 1877), 7.

#### 4. México en la Convención del Metro (1883)

La generalización del sistema métrico decimal (SMD) no estuvo exenta de obstáculos imprevistos, ni para los propios franceses que lo establecieron, ni para los países que decidieron adoptarlo. De hecho, luego de innumerables dificultades para su implementación en la ciudad de París, que apenas comenzaban a allanarse, en 1812 se revocó el decreto que la ordenaba. El proyecto fue retomado en 1837, cuando Napoleón III prescribió su uso obligatorio en Francia, así como la instauración del Departamento de Pesas y Medidas y las oficinas indispensables para su propagación nacional. Ese Departamento tenía la función de construir y resguardar los prototipos, que servirían para la fabricación de otros ejemplares, que circularían en todas las oficinas del país, para implementar la generalización del sistema.<sup>25</sup>

Aquí es preciso destacar que la organización institucional francesa proporcionaba el soporte material para disponer el uso compulsivo del SMD, a través de su autoridad y estabilidad institucional, así como de los recursos humanos e instrumentales para la expansión del sistema de unidades a lo largo y ancho del país.<sup>26</sup> Mediante la integración de este aparato, la generalización se fue alcanzando paulatinamente en Francia, aunque evidentemente hubo resistencias que no cabe aquí mencionar.<sup>27</sup>

Pero como es sabido, los franceses no se conformaron con la estandarización métrica a nivel interno, sino que buscaron su generalización global. Así, en 1869 se creó la Comisión Internacional del Metro, cuya primera reunión se llevó a cabo un año después, en medio de la conflagración franco-prusiana, por lo que los acuerdos debieron postergarse hasta 1875.<sup>28</sup> En esa fecha se estableció el compromiso de reglamentar y vigilar el uso de los patrones métricos en los países firmantes del tratado,<sup>29</sup> con el fin de lograr la unificación internacional de pesas y medidas. A raíz del acuerdo, se estableció el Comité Internacional de Pesas y Medidas y la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, ésta última encargada de garantizar los prototipos de metro y kilogramo que se utilizarían en cada país, así como aquéllos que servirían como patrones internacionales.<sup>30</sup>

<sup>25</sup> Los procesos de estandarización exigen la definición de las unidades, la asignación de un valor numérico de las variables y la construcción de un estándar, entendido como el objeto o técnica que materializa la unidad. En este caso había que definir el metro, cuyas dimensiones habían tenido que ajustarse de conformidad con nuevas mediciones del arco meridiano y construir un objeto las represente.

<sup>26</sup> De hecho, la ausencia de tales recursos para establecer mecanismos e instituciones nacionales de regulación en los diversos países, habían constituido el obstáculo principal para la generalización del sistema métrico.

<sup>27</sup> Un estudio sobre tales resistencias aparece en Jean Dhombres, "Résistances et adaptation du monde paysan au système métrique issu de la Révolution: les indices d'évolution d'une culture de la quantification", *Annales de Bretagne et des pays de l'Ouest*, Tomo 100 No. 4 (1993): 427-439.

<sup>28</sup> Terry Quinn, *From artefacts to atoms. The bipm and the search for ultimate measurement standards* (New York: Oxford University Press, 2012), 29.

<sup>29</sup> Los países firmantes fueron: Alemania, Austria, Hungría, Bélgica, Brasil, Argentina, Dinamarca, España, Estados Unidos de América, Francia, Italia, Perú, Portugal, Rusia, Suecia, Noruega, Turquía y Venezuela. Véase Manuel Fernández Leal, "Circular de la Secretaría de Fomento. Remite los patrones del sistema métrico decimal", en *Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones expedidas desde la independencia de la República* Vol. 26 comp. Manuel Dublán y José María Lozano (México: Imprenta del Comercio, 1898), 69-70.

<sup>30</sup> Además, debía conservar los patrones internacionales, efectuar comparaciones periódicas con los patrones nacionales, así como con los patrones empleados en aquellos países que no

México no estuvo presente en la Convención, pese a que durante su desarrollo se encontraba en París el astrónomo Francisco Díaz Covarrubias, quien años más tarde sería comisionado para iniciar las negociaciones encaminadas a la firma del tratado internacional. Esto en virtud de que en ese momento estaban rotas las relaciones diplomáticas con varios países europeos debido al fusilamiento del emperador Maximiliano (1867).<sup>31</sup> De manera que hubo que esperar el restablecimiento de aquéllas en 1880, para que México pudiera acceder a la plataforma internacional.

Entretanto, la generalización del sistema métrico decimal era muy limitada en el país, pese a los reiterados esfuerzos para lograrlo, que pueden rastrearse hasta 1800, cuando llegaron a Iberoamérica las primeras noticias del tema en la *Memoria elemental sobre los nuevos pesos y medidas decimales fundados en la naturaleza*, escrita por "el marino de guerra y matemático español Gabriel Ciscar y Ciscar".<sup>32</sup> Presumiblemente, su valor para los intercambios científicos y comerciales fue justipreciada localmente y suscitó tal interés, que en 1825 la imprenta de Ontiveros de la Ciudad de México publicó una *Guía para el conocimiento de monedas y medidas de los principales mercados de Europa, en las operaciones de comercio...* De acuerdo con Vera y García, después de la *Guía...* "al menos otros treinta manuales y tablas de conversión fueron publicados en las siguientes décadas" en nuestro país.<sup>33</sup>

No obstante, su aceptación social y la extensión de su uso tuvieron que esperar más de un siglo, a pesar de las intenciones del estado de ponerlo en vigor y prescribir su obligatoriedad, a través de los sucesivos preceptos legales que se promulgaron desde 1857.<sup>34</sup> En esa fecha, se formularon iniciativas en el nivel de la reglamentación y en los ámbitos educativo y divulgativo para facilitar el uso la decimalización en las prácticas comerciales del país, que resultaron infructuosas.

El problema era delicado, pues había una exigencia de carácter económico que no sólo tocaba el ámbito local, en donde se habían manifestado toda clase de objeciones,<sup>35</sup> sino que concernía los negocios a nivel internacional, pues la heterogeneidad de las medidas usadas en los diversos países complicaba las operaciones financieras.

participaban del convenio de metrificación, entre otras tareas relacionadas con diversas escalas de precisión para uso científico y de los gobiernos.

<sup>31</sup> Durante la ocupación militar de México por Napoleón III para exigir el pago de una deuda contraída por el gobierno, un grupo de conservadores ofreció la corona del país al archiduque austriaco Maximiliano de Habsburgo (1832-1867). Maximiliano fue emperador de México entre 1864 y 1867, cuando triunfaron las fuerzas nacionalistas encabezadas por el presidente Benito Juárez.

<sup>32</sup> Héctor Vera y Virginia García Acosta, "Introducción", en *Metros, leguas y mecatres. Historia de los sistemas de medición en México*, coords. Héctor Vera y Virginia García Acosta (México: CIESAS-CIDESI, México, 2011), 13.

<sup>33</sup> Héctor Vera y Virginia García Acosta, "Introducción", 13.

<sup>34</sup> Los pormenores del proceso de prescripción de la decimalización pueden leerse en Félix H. Pezet, "Los prototipos nacionales", 123-136. El decreto de 1857 aparece en Manuel Siliceo, "Decreto del Gobierno-Se adopta el sistema métrico decimal francés", en *Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones expedidas desde la independencia de la República Vol. 8* comps. Manuel Dublán y José María Lozano (México: Imprenta del Comercio, 1877), 424.

<sup>35</sup> Un estudio sobre tales objeciones corresponde a Laura Cházaro, "Del metro universal al mexicano: controversias en el México del siglo XIX sobre el sistema métrico y la estandarización", en *Metros, leguas y mecatres. Historia de los sistemas de medición en México*, coords. Héctor Vera y Virginia García Acosta (México: CIESAS-CIDESI, 2011), 137-157.



Debido a esto último, cuando México alcanzó la estabilidad política y financiera que le permitiría establecer las instituciones y los recursos humanos e instrumentales para generalizar la metrificación, en 1883 se iniciaron las negociaciones con el objeto de que la nación se integrara a la Convención Internacional del Metro.<sup>36</sup> De acuerdo con Pezet, el embajador de México en París, Emilio Velasco, “comisionó al astrónomo Francisco Díaz Covarrubias para que estudiara las funciones de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas con miras a formar parte del Tratado del Metro”.<sup>37</sup>

Simultáneamente, a nivel local se tomaron medidas legales para consumir la generalización del sistema métrico mediante el decreto de 1883, que prohibía la venta, fabricación e importación de las antiguas pesas y medidas, así como la comercialización y el empleo de los nuevos patrones, en tanto no fuesen verificados y sellados por las oficinas de la Secretaría de Fomento. Además, se advertía que el incumplimiento de esas disposiciones se sancionaría con una multa.<sup>38</sup>

En lo que respecta al Tratado del Metro, México firmó su adhesión en diciembre de 1900, con lo que se comprometió, entre otras cosas, a promover su propagación y generalizar su uso en todas las actividades comerciales del país. Pero, como es de suponer, el proceso enfrentó numerosos obstáculos que iban desde la amplitud del analfabetismo en el país, los inconvenientes para sustituir y verificar los instrumentos de medición, las dificultades prácticas para vigilar el cumplimiento del decreto y desde luego, toda una gama de resistencias culturales que afloraron frente a su obligatoriedad.<sup>39</sup> Paralelamente, se reforzó la implementación de recursos adicionales para la difusión del sistema con la publicación de libros y manuales para los diferentes niveles escolares y ámbitos profesionales.

Las limitaciones señaladas no fueron privativas de México, ya que en todos los países se manifestaron de alguna manera, pero en el caso del Imperio Británico tuvieron carices culturales distintivos, que pusieron de manifiesto tanto las rivalidades nacionales - particularmente con Francia -,<sup>40</sup> como los problemas prácticos que implicaba la adopción del sistema en sus extensos dominios comerciales y financieros.<sup>41</sup> Sin embargo, a lo largo del siglo XIX las distintas naciones europeas adoptaron de forma oficial el Sistema Métrico Decimal: Portugal en 1814, Holanda, Bélgica y Luxemburgo en 1817, España en 1849; Italia en 1861; el Imperio alemán en 1872; Hungría en 1874; Austria en 1875; e Inglaterra

<sup>36</sup> La Convención del Metro se firmó en París el 20 de mayo de 1875. En ella se estableció el compromiso de reglamentar y vigilar el uso de los patrones métricos en los países firmantes del tratado, con el fin de lograr la unificación internacional de pesas y medidas. La Convención quedó a cargo del Comité Internacional de Pesas y Medidas y la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, ésta última encargada de garantizar los prototipos de metro y kilogramo que se utilizarían en cada país, así como aquéllos que debían servirían como patrones internacionales.

<sup>37</sup> Felix H. Pezet Sandoval, “Prototipos nacionales”, 126.

<sup>38</sup> Carlos Pacheco, “Decreto del Congreso-Manda observar el Sistema Métrico-Decimal de pesos y medidas”, en Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones expedidas desde la independencia de la República Vol. 16 comps. Manuel Dublán y José María Lozano (México: Imprenta del Comercio, 1883), 648.

<sup>39</sup> Véase Laura Cházaro, “Del metro universal”, 137-157.

<sup>40</sup> Por ejemplo, en una propuesta para establecer estándares de longitud tomando como base las dimensiones de la gran pirámide de Egipto, el geodesta británico C. P. Smyth alegó que “la metrificación era una invención [proveniente] del peor ateísmo republicano de Francia”. Citado en Simon Schaffer, “Metrology, Metrication”, 451.

<sup>41</sup> Véase Edward Franklin Cox, “The Metric System: A Quarter-Century of Acceptance (1851-1876)”, *Osiris* Vol. 13 (1958): 372-373.

(de forma optativa), en 1897. De manera similar, la implantación legal del SMD en el continente americano ocurrió en diversas fechas: Colombia (1843), Chile (1848), Ecuador (1856), Brasil y Perú (1862), Argentina (1863). Mientras que los Estados Unidos se limitaron a aceptar su uso legal en 1866.

En el ámbito científico, por otra parte, las resistencias fueron menores y hay evidencias de su generalización creciente durante la centuria, que quedaron expresadas tanto en las prácticas de investigación, como en las de enseñanza. Al respecto, habría que recordar la propuesta de Carl Friedrich Gauss de 1832, de crear un sistema “absoluto de unidades magnéticas” en términos de las unidades mecánicas (milímetro, miligramo y segundo) para las investigaciones sobre magnetismo terrestre.

Su iniciativa fue bien aceptada, aunque con algunas modificaciones relacionadas con las “unidades fundamentales” que se emplearían, pero las ventajas del sistema decimal como estándar métrico fue ganando terreno. Así, en 1845 James P. Joule probó la equivalencia entre la energía mecánica y calorífica, un concepto crucial para la adopción del sistema métrico, pues la expresión en unidades mecánicas sería independiente de la índole de la fuente energética. De manera que años después, el avance del electromagnetismo indujo una solución análoga, aunque esta vez correspondió a un comité de la British Association for the Advancement of Science, quien determinó la adopción general del centímetro, el gramo y el segundo como unidades fundamentales, con las que se expresarían todas las unidades electromagnéticas.

Como puede advertirse, no sólo el sistema métrico había avanzado en los países que expresaran reticencias en el pasado, sino que en casi todos los ámbitos de interés científico y comercial se planteaban iniciativas para expandir los sistemas de estandarización que facilitarían sus operaciones.

## 5.- La Conferencia Internacional del Meridiano (1884)

Entre los ámbitos científico-técnicos y comerciales que en el siglo diecinueve requerían con mayor urgencia la introducción de estándares y normas, destacaron la cartografía, la navegación y la industria ferroviaria, ya que independientemente de las demás variables requerían uniformar, la ausencia de un meridiano patrón presentaba dificultades mayúsculas para su ejercicio eficiente. Fue así, que en la segunda mitad de la centuria la exhortación para adoptar un meridiano universal alcanzó dimensiones globales.<sup>42</sup>

Evidentemente los meridianos más utilizados en la navegación comercial correspondían a las principales potencias económicas, pero hasta el último tercio del siglo XIX prevalecieron las divergencias. Los más comunes se localizaban en Greenwich, París y la isla del Hierro en Canarias, mientras que el resto se ubicaba en los observatorios nacionales de los diversos países.<sup>43</sup> Las complicaciones generadas por tal diversidad

<sup>42</sup> Evidentemente, el problema no se limitaba a la localización geográfica uniformada, también involucraba la medición del tiempo. De modo que el problema atañía no sólo a la cartografía, sino a las costumbres locales de computación del tiempo civil, una cuestión que merece profundizarse, por lo que en este trabajo sólo se mencionará tangencialmente.

<sup>43</sup> Algunos países tenían la precaución de añadir en sus cartografías la referencia a los meridianos más reconocidos.

llevaron a científicos y empresarios a argumentar a favor de un acuerdo de homologación entre las naciones de modo que los trabajos cartográficos y los cálculos de longitud que efectuaban los geógrafos, astrónomos profesionales y oficiales navales se homologaran, convirtiéndose en “móviles inmutables” capaces de circular ágilmente en las redes científicas y comerciales.

Aunque los argumentos expresados por esos actores parecerían contundentes, existían consideraciones políticas y culturales que obstaculizaban el acuerdo internacional. Algunos países no estaban dispuestos a renunciar a sus meridianos locales por cuestiones de carácter nacionalista y otros mantenían rivalidades históricas, que obstaculizaban la elección entre sus respectivos meridianos. Ejemplo de lo anterior fueron las pugnas entre Francia e Inglaterra, que habían aflorado en relación con la decimalización y que nuevamente se hicieron presentes respecto al meridiano cero, como se mostrará más adelante.

Entretanto, hay que señalar que el prestigio del Observatorio de Greenwich y la propagación del uso de su meridiano se acrecentaba al ritmo del expansionismo británico, sustentado en gran medida en la navegación comercial. Prueba de ello es el estudio de 1879 *Papers on Time-Reckoning and the Selection of a Prime Meridian to Be Common to All Nations*, donde el ingeniero ferroviario Sandford Fleming proporcionó una evaluación del número y tonelaje de los barcos de varias naciones del mundo, en el que indicaba los meridianos empleados por cada una para el cálculo de longitud. De acuerdo con sus estimaciones, “el 95.5% de los barcos del mundo (97.5% por tonelaje) usaban once meridianos principales. Entre los 3 primeros, el meridiano de Greenwich era utilizado por el 65% de los barcos (72% por tonelaje), París por el 10% (8% por tonelaje) y Cádiz por el 5% (3% por tonelaje)”.<sup>44</sup>

De manera que es fácil entender la aquiescencia de los norteamericanos para oficializar el uso de Greenwich como el meridiano de referencia para todas sus actividades, como un elemento sustantivo para respaldar su acelerado crecimiento económico.

En el caso de México, la historia de la cartografía atestigua el uso de varios meridianos entre los siglos XVI y XIX, entre los que se destacan los meridianos canarios heredados de la tradición hispánica, cuyo uso pervivió luego de la Independencia.<sup>45</sup> Pero a partir de entonces se abrió paso la introducción de otros referentes como el meridiano de Greenwich, cuya primera mención data de 1843, cuando México firmó un acuerdo con Gran Bretaña para impedir la trata de esclavos, en donde se le utiliza para delimitar la zona de jurisdicción.<sup>46</sup> En los años que siguieron la cartografía mexicana utilizaría de manera creciente el meridiano inglés, dejando clara la influencia de las consideraciones políticas y económicas en las prácticas científicas. Pues como mostraré enseguida, la

<sup>44</sup> Sandford Fleming, *Papers on Time-Reckoning and the Selection of a Prime Meridian to Be Common to All Nations* (Canadá: Copp, Clark and Co., 1879), 57.

<sup>45</sup> Para un estudio histórico sobre el uso de los diversos meridianos en la cartografía de México véase Luz Fernanda Azuela y Andrés Moreno Nieto, “México en el proceso de estandarización científico-técnica del siglo XIX. El caso de los meridianos de referencia”, en *Estudios históricos sobre la producción del conocimiento geográfico y naturalista (siglos XIX y XX)*, coord. de Luz Fernanda Azuela y Rodrigo Vega (México: Instituto de Geografía-Dirección General de Asuntos del Personal Académico, 2017), 83-107.

<sup>46</sup> Luz Fernanda Azuela y Andrés Moreno Nieto, “México en el proceso”, 93.

generalización de Greenwich garantizaría la homogeneidad de sus mapas y la movilidad de sus productos científicos y comerciales entre las potencias metropolitanas.

La iniciativa para promover la utilización global de un mismo meridiano de referencia en el mundo científico y comercial provino de ámbito académico, como un acuerdo de la Conferencia Geodésica de Roma de 1883, donde un comité de expertos expresó que "la unificación de longitudes y horas era igualmente deseable para los intereses de la ciencia, como para los de la navegación, el comercio y la comunicación internacional".<sup>47</sup> El documento fue tan convincente, que los geodestas resolvieron proponer a todos los gobiernos: "... seleccionar como meridiano inicial el de Greenwich [...], pues ese meridiano llena [...] todas las condiciones deseables para la ciencia y porque siendo éste el más conocido de todos, ofrece mayores posibilidades para ser aceptado generalmente".<sup>48</sup>

Pocos meses después se enviaron las invitaciones para la Conferencia Internacional del Meridiano, que se llevaría a cabo en Washington en octubre de 1884. A ella asistieron cuarenta delegados de 25 naciones, entre los que prevalecían los miembros de la diplomacia y los servicios consulares, así como científicos y expertos de varios países -especialmente directores de observatorios, como fue el caso de los delegados mexicanos-, ingenieros, oficiales navales y un solo representante del mundo universitario.<sup>49</sup>

La Conferencia escenificó la vieja rivalidad entre Francia y Gran Bretaña en cuanto a sus ambiciones hegemónicas, reforzada con las intervenciones y votos de sus respectivos aliados, donde se transparentaron los pactos e intereses comunes en el entorno global.<sup>50</sup> Como es de suponer, Francia defendió el meridiano parisino, pero no alcanzó a ganar los consensos entre las delegaciones, debido a la contundencia de los argumentos de los representantes de Gran Bretaña y Estados Unidos, en los que se aludió a los altos porcentajes del comercio naval que usaba Greenwich, así como el hecho de que "el 75% de todos los mapas del mundo se habían construido con dicho referente".<sup>51</sup>

Los representantes mexicanos, Ángel Anguiano y Leandro Fernández,<sup>52</sup> se mostraron en todo momento en favor de las propuestas estadounidenses e inglesas y emitieron su voto en favor del meridiano de Greenwich. En el informe de Anguiano y Fernández sobre la Conferencia se destacó la necesidad de estandarizar los cálculos a

<sup>47</sup> Joseph Hyde Pratt, "American Prime Meridian", *Geographical Review* Vol. 32 No. 2 (1942): 234.

<sup>48</sup> Graham Dollan. "The adoption of a Prime Meridian and the International Meridian Conference of 1884". *The Greenwich Meridian* (s.l.: Graham Dolan, 2009-2018), <http://www.thegreenwichmeridian.org/tgm/articles.php?article=10> (consultado el 07/09/2016).

<sup>49</sup> Este último fue el profesor Kikuchi, jefe del Departamento de Ciencias de la Universidad de Tokio. Véase "Session of October 1, 1884", en *International Conference Held at Washington with the Purpose of Fixing a Prime Meridian and a Universal Day. Protocols of the Proceedings* (Washington D. C.: Gibson Bros, Printers and Bookbinders, 1884), [http://www.gutenberg.org/files/17759/17759-h/17759-h.htm#Page\\_1](http://www.gutenberg.org/files/17759/17759-h/17759-h.htm#Page_1), (consultado el 05/09/2016).

<sup>50</sup> Así, la participación mexicana en la Conferencia debía sustentar los intereses del gobierno gonzalista relativos a los préstamos e inversiones de Inglaterra en distintos sectores productivos y económicos.

<sup>51</sup> Anónimo, "The Meridian Conference", *Science* Vol. 4 No. 89 (1884): 377.

<sup>52</sup> Ángel Anguiano (1840-1921) y Leandro Fernández (1851-1921) eran los directores de los Observatorios Astronómico Nacional y Astronómico Central, respectivamente.

nivel mundial y se expuso que la propuesta inglesa contaba con una cercana unanimidad entre los delegados, por lo que los mexicanos resolvieron adherirse al consenso. De acuerdo con los astrónomos:

Los intereses de México [...] en nada se perjudicaban con dar la preferencia al meridiano de Greenwich, y al hacerlo así, más bien cooperaba a impedir mayores perjuicios en los intereses de las naciones representadas, y a alcanzar la uniformidad tan deseada en las referencias meridianas de los almanaques náuticos.<sup>53</sup>

Evidentemente, en la decisión de los mexicanos privaron dos elementos contundentes: por un lado, el uso creciente del meridiano inglés en la cartografía del país, aunado a los intercambios científicos internacionales que ya operaban entre geógrafos, cartógrafos y geodestas locales, y que exigían el uso de estándares y normas compartidas. Y por otro, la integración creciente de México a los mercados internacionales, en donde había la misma exigencia, además de que sus principales clientes y proveedores eran justamente los norteamericanos e ingleses, por no aludir a los créditos que éstos últimos habían concedido a México en fechas recientes.<sup>54</sup>

## **6.- México en las conferencias internacionales para la estandarización de las medidas eléctricas (1881-1884)**

Entre las disciplinas científicas con mayor impacto sobre la economía de las metrópolis destacó la física, cuyos avances teóricos en el campo del electromagnetismo en el último cuarto de siglo, tuvieron inmediatas y rentables aplicaciones prácticas. Entre ellas descollaban novedades tecnológicas como la bombilla eléctrica, el ascensor, el teléfono, los tranvías, el subterráneo y el ferrocarril de tracción eléctrica, así como la electrificación industrial, doméstica y urbana, entre otras. De hecho, la expansión de las aplicaciones económicas de la electricidad en el último cuarto del siglo XIX tuvo tal impacto en la vida económica y social, que la electricidad se ha caracterizado como una de las fuerzas motrices de la segunda revolución industrial.

Pero igual que había ocurrido en otros ámbitos, cada empresa eléctrica y cada laboratorio de investigación utilizaba unidades creadas *ex profeso*, sin consideración de las limitaciones que ello implicaba para su movilidad entre las redes científicas y comerciales a nivel internacional. Su proliferación fue tal, que para 1881 había por lo menos 12 unidades diferentes para la fuerza electromotriz, 10 para la corriente eléctrica y 15 para la resistencia.

La enorme diversidad dio preponderancia a la metrología entre las prioridades de los investigadores del electromagnetismo y sus practicantes en el ámbito tecnológico. Aquí descollaron las necesidades de las industrias telegráficas en expansión, pues las dificultades técnicas se traducían en pérdidas económicas considerables, especialmente

<sup>53</sup> Ángel Anguiano y Leandro Fernández, “Informe que presentan a la Secretaría de Fomento los delegados mexicanos a la Conferencia Internacional meridiana que tuvo lugar en Washington en el mes de octubre de 1884”, Anuario del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya para el año 1886 (México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1885), 192.

<sup>54</sup> Debido a la crisis financiera de 1884 el gobierno tuvo que pedir un préstamo de 30 millones de pesos a Inglaterra, que se le otorgó con la condición de reconocer una deuda contraída casi tres décadas atrás.



en lo que concierne a los proyectos de comunicación por cable submarino, que venían desarrollándose con mayores fracasos que éxitos desde 1850. Pero no era una tarea fácil, pues los practicantes de los ámbitos científicos y empresariales tenían diferentes preocupaciones y problemas divergentes, a los que había que sumar las rivalidades nacionales, que habían obstaculizado otros intentos similares, como referí.

Para solucionar estas dificultades, se organizaron una serie de congresos y conferencias internacionales entre 1881 y 1908, en las que se buscaría la universalización de las medidas electromagnéticas y se diseñarían los prototipos indispensables. En esas reuniones se alcanzaron convenios significativos para el desarrollo científico y tecnológico, donde destacaron los acuerdos del Congreso de Electricistas de 1881, relativos a la adopción de las unidades fundamentales centímetro-gramo-segundo o CGS, a partir de las cuales se definieron las unidades eléctricas y estándares, ohmio, voltio, amperio, culombio, faradio, julio y vatio.

Entre los numerosos países que participaron en ella se contaban aquellos que lideraban la investigación electromagnética, como Alemania, Gran Bretaña, Francia y los Estados Unidos, a los que se sumaban países como México, en donde los conocimientos del nuevo campo de la física apenas comenzaban a difundirse en las escuelas superiores.<sup>55</sup>

Esto no implicaba la ausencia de aplicaciones prácticas e industriales de la electricidad en el país, como se señaló anteriormente, cuya implementación había estado a cargo de empresas extranjeras. Ejemplo de ello fue el alumbrado eléctrico que se abrió paso en 1881 con la instalación de 40 focos eléctricos en la Ciudad de México, que luego se extendió al servicio de alumbrado público adjudicado a la empresa de Siemens & Halske, en otras capitales del interior. Igual que en el caso precedente, todos los servicios de tecnología electromagnética eran de procedencia foránea y se habían instalado en México con todo el equipamiento, maquinaria y herramientas de importación, incluyendo aquí a técnicos e ingenieros.

Evidentemente la situación mexicana no era excepcional. De ahí el interés de las potencias tecno-científicas y sus socios comerciales en extender la participación de otros países en las convenciones eléctricas internacionales. De hecho, en el Congreso de Electricistas de 1881 participaron nueve países latinoamericanos (Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, México, Nicaragua y Venezuela), Japón, Estados Unidos y diecisiete países europeos.<sup>56</sup> La diversidad de los participantes en cuanto a su desarrollo científico y tecnológico, ante el liderazgo de británicos y alemanes, permite suponer que las posibles contribuciones científicas de Latinoamérica o el Japón, por ejemplo, pudieron parecer insignificantes en cuanto a los problemas de mayor

<sup>55</sup> De hecho, incluso su enseñanza estaba limitada a sus aplicaciones prácticas, como revela la inclusión de la carrera de Telegrafista en la modificación del plan de estudios de la Escuela Nacional de Ingenieros de 1883 y la posterior, de 1889, que introdujo la profesión de Ingeniero Electricista. Véase Libertad Díaz Molina y Juan José Saldaña, "Contra la corriente. La institucionalización de la enseñanza de la ingeniería eléctrica en México, 1889-1930" en *La casa de Salomón en México. Estudios sobre la institucionalización de la docencia y la investigación científicas*, coord. Juan José Saldaña (México: Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 2005), 153-184.

<sup>56</sup> Ministère des postes et des télégraphes, Congrès International des Électriciens. Paris 1881 (Paris: G. Masson, éditeur, 1882), 17-26, <https://archive.org/details/congrsinternati38unkngoog>, (consultado el 02/05/2018).

envergadura epistémica. Pero no fue así en lo que concierne a su posible colaboración en proyectos de carácter indefectiblemente global o en lo que toca a su apetecible calidad de clientes potenciales de las innovaciones tecnológicas, lo que presumiblemente explicaría el deseo de los organizadores de contar con su presencia.

En el caso de México, por ejemplo, el 30 de septiembre de 1881 su embajador en París, Emilio Velasco, “recibió una nota del Gobierno francés en que el Sr. B. St. Hilaire le comunicaba [...] las resoluciones adoptadas por el Congreso de Electricistas para establecer la definición de las unidades eléctricas [y expresaba] el deseo de que México fuera representado en la Comisión Internacional encargada de los trabajos experimentales necesarios”.<sup>57</sup> En respuesta a la solicitud, la Secretaría de Fomento de México nombró al ingeniero geógrafo Francisco Díaz Covarrubias, quien asistió a los congresos.

Pero durante su transcurso, el más destacado astrónomo de México tomó conciencia de la situación de desventaja en la que se encontraba frente a los líderes del electromagnetismo provenientes de las metrópolis.<sup>58</sup> De manera que permaneció como mero espectador en los trabajos de la Primera Comisión del Congreso de 1881, en la que se discutieron los problemas técnicos y epistemológicos involucrados en la definición de las medidas eléctricas y la materialización de sus prototipos.<sup>59</sup> Pero en la Segunda Comisión, dedicada al estudio global de las corrientes magnéticas terrestres y la electricidad atmosférica, sí hubo la oportunidad de expresarse, debido a los avances en los registros que se realizaban en el Observatorio Meteorológico y Magnético Central desde 1879.<sup>60</sup>

La percepción de Díaz Covarrubias sobre las limitadas posibilidades de colaboración de nuestro país en la investigación de frontera, que se discutió en el Congreso, quedó expresada así en su Informe al secretario de Fomento:

“Si en [México] no es acaso posible todavía que se hagan investigaciones sobre los fenómenos de la electricidad con la misma extensión y con la misma diversidad que en Europa, donde abundan todos los medios de acción en todos los sentidos, no dudo que se podrán recoger al menos valiosos datos sobre algunos de los puntos señalados en el Programa de la Conferencia. Nuestro cuerpo de telegrafistas cuenta en su seno personas instruidas que, operando bajo la sabia dirección de esa Secretaría y de los Observatorios Meteorológicos, están en aptitud de responder a todos o a la mayor parte de los puntos contenidos en el cuestionario de la Segunda Comisión.

<sup>57</sup> La redacción, “Gacetilla”, El Monitor Republicano, quinta época, Año XXXI, No. 277, (19 de noviembre de 1881): 3.

<sup>58</sup> Entre los más destacados participantes de la Conferencia se contaron Thomson (Lord Kelvin), Helmholtz, Kirchhoff y Siemens. Véase Ministère des postes et des télégraphes, Congrès International, 17-26.

<sup>59</sup> Para calibrar el contenido esotérico de las discusiones de la Primera Comisión, véase “Sobre los métodos que se emplean para la determinación del Ohm, por M. L. Lorenz”, publicado como apéndice en Francisco Díaz Covarrubias, “Conferencia Internacional de Unidades Eléctricas”, Diario Oficial del Supremo Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos Tomo VIII No. 60 (10 de marzo de 1883): 1-3.

<sup>60</sup> El sistema funcionó dentro del Palacio Nacional hasta 1887, mudándose al Observatorio Astronómico de Tacubaya en 1889. José Ruíz de Esparza, “Los orígenes del Observatorio Astronómico Nacional”, Ciencias No. 69 (México: UNAM, 2003): 61.

Nuestro país es invitado con frecuencia a estos concursos de la inteligencia y del trabajo, y en su calidad de pueblo culto, está obligado a responder a ese llamamiento hasta donde sus esfuerzos lo permitan. Por modesto que sea nuestro contingente, ningún dato carece de valor tratándose de la electricidad...”<sup>61</sup>

El astrónomo tenía razón, la investigación del geomagnetismo tiene un carácter necesariamente global, lo que exigía la colaboración del mayor número de observatorios distribuidos en todo el mundo, por lo que los datos de América Latina eran indispensables. Sin embargo, una mirada superficial a la historia de los registros geomagnéticos entre los demás congresistas de la región permite afirmar que su situación era similar a la de México. Esto en virtud de que la creación de sus instituciones científicas había sido igualmente tardía y los registros geomagnéticos que algunas de ellas efectuaron, lo hicieron en fechas que no parecen derivar de la firma de los convenios eléctricos.

Así, en el Observatorio Nacional Argentino, ubicado en Córdoba se realizaron observaciones magnéticas a partir de 1882;<sup>62</sup> en Brasil, el Observatório Imperial Do Río de Janeiro comenzó a registrar sus observaciones astronómicas desde 1881, las cuales se consolidarían con la fundación del Observatorio Magnético de Vassouras en 1915.<sup>63</sup> Por su parte, en el año de 1898 el director del Observatorio Astronómico Nacional de Colombia, Julio Garavito Armero diversas observaciones magnéticas realizadas de forma institucional.<sup>64</sup> En el Instituto Físico Geográfico de Costa Rica, fundado por Henri Pittier, se efectuaron registros sistemáticos del campo magnético entre 1898 y 1901.<sup>65</sup> Pero en los casos de Guatemala, Nicaragua, el Salvador y Venezuela, la institucionalización de las observaciones magnéticas surgiría hasta el siglo XX.<sup>66</sup>

Los registros geomagnéticos del observatorio mexicano se presentaron en el Congreso de Electricistas de 1884, en el que nuevamente participó como delegado Díaz Covarrubias, pero igual que en la ocasión anterior, su colaboración fue limitada, pues las discusiones sobre la definición material de los estándares eléctricos y sus mutuas equivalencias rebasaban sobradamente el ámbito de su especialidad.

<sup>61</sup> Francisco Díaz Covarrubias, “Conferencia”... 1-3.

<sup>62</sup> Edgardo Ronald Minnitti Morgan y Santiago Paolantonio, “Las primeras observaciones magnéticas sistemáticas en la Argentina. Una actividad desconocida del Observatorio Nacional Argentino”, *Saber y tiempo* Vol. 13 No. 202 (2005): 77.

<sup>63</sup> Edgardo Ronald Minnitti Morgan. “Astronomía de Brasil (apuntes para su historia)”, *Historia de la Astronomía*, (2005): 31, 33 <https://historiadelastronomia.files.wordpress.com/2010/06/astronomia-de-brasil1.pdf>, (consultado el 21/05/2018); Mônica Martins y Selma Junqueira. “Do Observatório Imperial ao Observatório Nacional: Resgatando a Memória da Hora Legal do Brasil”, *Rede da memória virtual brasileira* (s.l.: Fundação Biblioteca Nacional, 2018), <https://bndigital.bn.gov.br/dossies/rede-da-memoria-virtual-brasileira/ciencias/observatorio-nacional-rj/>, (consultado el 21/05/2018).

<sup>64</sup> Véase Clemente Garavito Baraya, “Variación del campo magnético terrestre en Bogotá, desde 1801 hasta 1988”, *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia* Vol. 39 No. 122-123 (1988-1989): 3; Francisco Alejandro Medina Aguirre, “Antecedentes del estudio del campo magnético terrestre en Colombia”, *Scientia et Technica* No. 50 (2012): 184.

<sup>65</sup> J. Páez, M. Jiménez, G. Leandro, “Historia del Campo Geomagnético de Costa Rica”, *Ciencia y Tecnología* Vol. 19 No. 1-2 (1995): 64.

<sup>66</sup> Jorge Arturo Colorado. “Esbozo de la Astronomía en El Salvador. De la contemplación a la promesa científica”, *Revista El Salvador Ciencia y Tecnología* Vol. 14 No. 19 (2009), <http://hdl.handle.net/10972/1264>, (consultado el 27/05/2018).

De manera que su experiencia en los congresos le permitió evaluar las disparidades y hegemonías que subyacían en las discusiones científicas y que comportaban toda la carga del poder político, económico y epistémico de los imperios decimonónicos.

En relación con lo anterior, vale la pena comentar que las presiones financieras de las empresas telegráficas, aunadas al interés del imperio británico por extender el control político y económico a nivel global, habían estado presentes en las conferencias eléctricas, en relación con los requerimientos tecno-científicos del cable submarino. De hecho, en un estudio sobre su articulación con el desarrollo científico, Bruce Hunt encontró que “la telegrafía por cable proporcionó gran parte del ímpetu a la investigación británica sobre la física de la electricidad en la segunda mitad del siglo XIX”.<sup>67</sup> Esto revela que la estandarización métrica se había erigido como uno de los pilares del maridaje entre la ciencia y el capital, cuyo irrefutable éxito se materializó en la red global de cable submarino, que al finalizar la centuria alcanzaba una longitud de 340,000 kilómetros e interconectaba prácticamente todo el globo con los imperios occidentales.

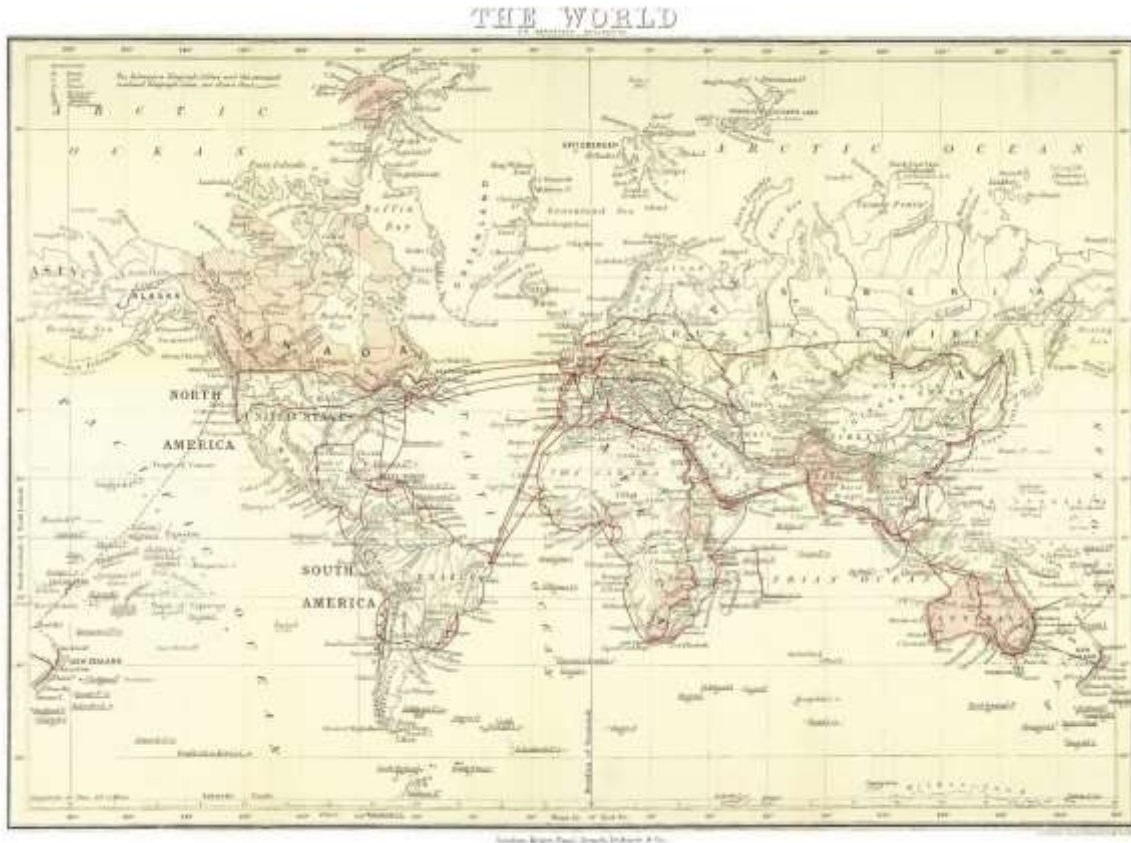


Figura 1

Mapa que muestra el tendido del cable telegráfico submarino y las principales líneas terrestres instaladas por el Imperio Británico hacia 1902. [*The British Empire Series*, Vol. V. General. London: Kegan Paul, Trench, Trübner & Co. Ltd., 1902]

<sup>67</sup> Bruce J. Hunt, “Doing Science”... 313.

## Conclusiones

Como puede advertirse, en el último cuarto del siglo XIX el mundo occidental se encontraba bajo el dominio de las grandes potencias económicas, luego de un proceso en el que no sólo operaron cuestiones políticas, conflictos bélicos o desigualdades financieras, sino los dispositivos científicos y tecnológicos que colaboraron en la expansión del capital.

La ciencia mexicana y la de otros países atendió tanto la solución de problemas locales, como las iniciativas foráneas para desarrollar proyectos de investigación de carácter global, cuyos objetivos y metas fueron dictados desde las capitales de las potencias tecno-científicas, sin que ello significara la absoluta desatención de sus propias necesidades.

Para explicar este escenario, vale la pena recurrir al concepto de “vectores de ensamblaje” de David Turnbull, entendido como el conjunto de elementos constitutivos de las prácticas científicas de una localidad, como su estructura social e institucional, sus capacidades científico-técnicas (humanas y no humanas), sus experiencias, teorías, estrategias sociales y trabajo colectivo, entre otros elementos, que mantienen conexiones dinámicas tanto al interior como al exterior de su ámbito territorial.<sup>68</sup>

En México los vectores de ensamblaje se fortalecieron durante el Porfiriato, gracias a la creación de instituciones científicas y el estímulo a la educación superior, al tiempo que se multiplicaban sus conexiones internas y externas, especialmente con las capitales imperiales, en donde se diseñaban e implementaban proyectos internacionales de investigación. De esta manera, los vectores locales cumplían la función de sostener la conexión de la ciencia mexicana con las redes metropolitanas, justo en el momento en que se consolidaba el “sistema científico internacional”, en el que la ciencia de las capitales imperiales comportaba una considerable autoridad epistémica, apuntalada por el enorme poder político y económico que aquéllas detentaban.<sup>69</sup> Esto facilitó a sus centros científicos la configuración de algunos de los objetivos y metas de las instituciones mexicanas, y para el tema que me ocupa, la aceptación de sus propuestas de estandarización.

En efecto, las instituciones científicas porfirianas se adhirieron a muy diversos proyectos de colaboración internacional, como ocurrió cuando se incorporó a la Red Meteorológica Internacional, por razones que excedían los objetivos locales de investigación, expresados en el decreto de creación del Observatorio. Como se señaló, ahí se ordenaba la creación de la red meteorológica nacional, la formación del calendario botánico para “relacionar los varios fenómenos de la vida vegetal con los cambios atmosféricos” y la elaboración de estudios meteorológicos en general.<sup>70</sup> Pero el mismo

<sup>68</sup> David Turnbull, “Local Knowledge and Comparative Scientific Traditions”, *Knowledge and Policy*, Vol. 6 No. 3-4 (1993): 34.

<sup>69</sup> De acuerdo con Chambers y Gillespie, el sistema científico internacional “está conformado por redes policéntricas y jerárquicas, con centros de mayor o menor tamaño, así como periferias cercanas y alejadas, definidas no en términos geográficos, sino en función de su autoridad científica y poder [político y] social”. David Wade Chambers y Richard Gillespie, “Locality in the History of Science. Colonial Science, Technoscience and Indigenous Knowledge”, *Osiris 2nd series* Vol. 15 (2000): 231.

<sup>70</sup> Vicente Riva Palacio, “Observatorio Nacional”... 44-45.

decreto prescribía el establecimiento de “las correspondientes relaciones con los Observatorios, Corporaciones Científicas y Profesores del extranjero”.<sup>71</sup>

La intención política del precepto implicaba el posicionamiento de la ciencia mexicana en el escaparate internacional y su colaboración en proyectos científicos globales, con el designio de que México “formara parte del concierto de las naciones civilizadas”. Ese ideal, expresado reiteradamente por la clase política y la comunidad científica, estaba íntimamente vinculado con las gestiones que se efectuaban para incrementar la inversión extranjera a través de empresas extractivas y de modernización tecnológica, al tiempo que se promovía la inserción del país en el comercio internacional de materias primas.

Una política económica, que manifestaba la subordinación del país a los imperios capitalistas y una práctica científica institucional, que exhibía los dispositivos vectoriales de su acelerada conexión con el sistema científico metropolitano en una posición de relativa dependencia epistémica y material. Evidentemente, esa circunstancia no se limitó a la disposición de aportar datos a los proyectos de carácter global, como los referidos, sino a la totalidad de las prácticas científicas, que progresivamente se apropiaron de los objetivos, métodos, estándares y normas del sistema. Pues como se ha establecido, esa era la única manera de que el conocimiento producido localmente transitara entre las redes.

En ese sentido, es posible concluir que el desenvolvimiento histórico de los procesos de estandarización revela los medios y los objetivos a través de los cuales se construyó la uniformidad científica, tecnológica y social, a la par que se extendía el capitalismo a nivel global y se construía el concepto eurocéntrico de “ciencia universal”.

## Bibliografía

### Fuentes primarias

Anguiano, Ángel, y Leandro Fernández. “Informe que presentan a la Secretaría de Fomento los delegados mexicanos a la Conferencia Internacional meridiana que tuvo lugar en Washington en el mes de octubre de 1884”. Anuario del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya para el año 1886. México: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 1885, 188-194.

Anónimo. “The Meridian Conference”. *Science* Vol. 4 No. 89 (1884): 376-378.

Bárcena, Mariano. Memoria del Ministerio de Fomento. 1877-1882. México: Secretaría de Fomento. 1882.

Díaz Covarrubias, Francisco. “Conferencia Internacional de Unidades Eléctricas”. *Diario Oficial del Supremo Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos* Tomo VIII No. 60 (10 de marzo de 1883): 1-3.

---

<sup>71</sup> Vicente Riva Palacio, “Observatorio Nacional”... 44-45.

Fernández Leal, Manuel. "Circular de la Secretaría de Fomento-Remite los patrones del sistema métrico decimal". En Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones expedidas desde la independencia de la República Vol. 26, compilación de Manuel Dublán y José María Lozano. México: Imprenta del Comercio. 1898, 69-72.

Fleming, Sandford. Papers on Time-Reckoning and the Selection of a Prime Meridian to Be Common to All Nations. Canadá: Copp, Clark and Co. 1879.

La redacción. "Gacetilla". El Monitor Republicano, quinta época Año XXXI No. 277, (19 de noviembre de 1881): 3.

Lorenz, M. L. "Sobre los métodos que se emplean para la determinación del Ohm, por M. L. Lorenz". Apéndice 1 en "Conferencia Internacional de Unidades Eléctricas", traducción de Francisco Díaz Covarrubias. Diario Oficial del Supremo Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos Tomo VIII No. 60 (10 de marzo de 1883): 2-3.

Macedo, Pablo. "Comunicaciones y obras públicas". En México. Su evolución social, tomo 2, dirección de Justo Sierra. México: J. Ballezá y compañía, sucesor, 1900, 249-325.

Ministère des postes et des télégraphes. Congrès International des Électriciens. Paris 1881. Paris: G. Masson, éditeur, 1882. <https://archive.org/details/congrsinternati38unkngoog>, (consultado el 02/05/2018).

Pacheco, Carlos. "Decreto del Congreso-Manda observar el Sistema Métrico-Decimal de pesos y medidas". En Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones expedidas desde la independencia de la República Vol. 16, compilación de Manuel Dublán y José María Lozano. México: Imprenta del Comercio. 1883. 648-649.

Reyes, Vicente. Instrucciones especiales para hacer las observaciones internacionales simultáneas. México: Imprenta y Litografía de Irineo Paz. 1877.

Riva Palacio, Vicente. "Observatorio Nacional". Anales del Ministerio de Fomento Vol. 1. (1877): 44-45.

"Session of October 1, 1884". En International Conference Held at Washington with the Purpose of Fixing a Prime Meridian and a Universal Day. Protocols of the Proceedings. Washington D. C.: Gibson Bros, Printers and Bookbinders, 1884. [http://www.gutenberg.org/files/17759/17759-h/17759-h.htm#Page\\_1](http://www.gutenberg.org/files/17759/17759-h/17759-h.htm#Page_1), (consultado el 05/09/2016).

Siliceo, Manuel. "Decreto del Gobierno-Se adopta el sistema métrico decimal francés". En Legislación mexicana o colección completa de las disposiciones expedidas desde la independencia de la República Vol. 8, compilación de Manuel Dublán y José María Lozano. México: Imprenta del Comercio. 1877. 424-426.

Subercase, Juan, y Calixto de Santa Cruz. "Informe Subercase". Gaceta de Madrid, (2 de noviembre de 1844). [https://www.grijalvo.com/Subercase/Informe\\_Subercase\\_modernizado.htm](https://www.grijalvo.com/Subercase/Informe_Subercase_modernizado.htm), (consultado el 24/05/2018).

## Fuentes secundarias

American National Standards Institute. "Through History with Standards". s.l.: American National Institute, 2018. [https://www.ansi.org/consumer\\_affairs/history\\_standards\\_](https://www.ansi.org/consumer_affairs/history_standards_) (consultado el 05/06/2017).

Azuela, Luz Fernanda, y Andrés Moreno Nieto. "México en el proceso de estandarización científico-técnica del siglo XIX. El caso de los meridianos de referencia". En Estudios históricos sobre la producción del conocimiento geográfico y naturalista (siglos XIX y XX), coordinación de Luz Fernanda Azuela y Rodrigo Vega. México: Instituto de Geografía-Dirección General de Asuntos del Personal Académico. 2017. 83-107.

Chambers, David Wade, y Richard Gillespie. "Locality in the History of Science. Colonial Science, Technoscience and Indigenous Knowledge". *Osiris 2nd series* Vol. 15 (2000): 221-240.

Cházaro, Laura. "Del metro universal al mexicano: controversias en el México del siglo XIX sobre el sistema métrico y la estandarización". En *Metros, leguas y mecatres. Historia de los sistemas de medición en México*, coordinación de Héctor Vera y Virginia García Acosta. México: CIESAS-CIDESI. 2011. 137-157.

Colorado, Jorge Arturo. "Esbozo de la Astronomía en El Salvador. De la contemplación a la promesa científica". *Revista El Salvador Ciencia y Tecnología* Vol. 14 No. 19 (2009). <http://hdl.handle.net/10972/1264>, (consultado el 27/05/2018).

Cunningham, Andrew, y Perry Williams. "De-Centring the 'Bic Picture': 'The Origins of Modern Science' and the Modern Origins of Science". *The British Journal for the History of Science* Vol. 26 No. 4 (1993): 407-432.

Dhombres, Jean. "Résistances et adaptation du monde paysan au système métrique issu de la Révolution: les indices d'évolution d'une culture de la quantification". *Annales de Bretagne et des pays de l'Ouest*, Tomo 100 No. 4 (1993): 427-439.

Díaz Molina, Libertad, y Juan José Saldaña. "Contra la corriente. La institucionalización de la enseñanza de la ingeniería eléctrica en México, 1889-1930". En *La casa de Salomón en México. Estudios sobre la institucionalización de la docencia y la investigación científicas*, coordinación de Juan José Saldaña. México: Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 2005, 153-184.

Doble Gutiérrez, Samuel. "La estandarización del Meridiano de Greenwich". Libro de Actas de los años XV y XVI del Seminario Orotava de Historia de la Ciencia. Ciencia y Cultura de Rousseau a Darwin. Tenerife: Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, 2008, 1-20. <http://www.divulgameteo.es/uploads/Estandarizaci%C3%B3n-meridiano-Greenwich.pdf>, (consultado el 05/06/2017).

Dollan, Graham. "The adoption of a Prime Meridian and the International Meridian Conference of 1884". En *The Greenwich Meridian*. s.l.: Graham Dolan, 2009-2018. [http://www.thegreenwichmeridian.org/tgm/articles.php?article=10\\_](http://www.thegreenwichmeridian.org/tgm/articles.php?article=10_) (consultado el 07/09/2016).



Franklin Cox, Edward. "The Metric System: A Quarter-Century of Acceptance (1851-1876)". *Osiris* Vol. 13 (1958): 358-379.

Garavito Baraya, Clemente. "Variación del campo magnético terrestre en Bogotá, desde 1801 hasta 1988". *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia* Vol. 39 No. 122-123 (1988-1989): 1-7.

García Martínez, Bernardo. "La Comisión Geográfico-Exploradora". *Historia Mexicana* Vol. 24, No. 4 (1975): 485-555.  
<http://www.historiamexicana.colmex.mx/index.php/RHM/article/download/2858/3125>,  
(consultado el 15/07/2017).

Gillispie, Charles C. "The Distorted Meridian". *Isis* Vol. 98 (2007): 788-795.

Hunt, Bruce J. "Doing Science in a Global Empire: Cable Telegraphy and Electrical Physics in Victorian Britain". En *Victorian Science in Context*, edición de Bernard Lightman. Chicago: The University of Chicago Press. 1997. 312-333.

Hyde Pratt, Joseph. "American Prime Meridian". *Geographical Review* Vol. 32, No. 2 (1942): 233-244.

Latour, Bruno. *Ciencia en acción. Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Madrid: Labor. 1993.

Martins, Mônica, y Selma Junqueira. "Do Observatório Imperial ao Observatório Nacional: Resgatando a Memória da Hora Legal do Brasil". *Rede da memória virtual brasileira*. s.l.: Fundação Biblioteca Nacional, 2018. <https://bndigital.bn.gov.br/dossies/rede-da-memoria-virtual-brasileira/ciencias/observatorio-nacional-rj/>, (consultado el 21/05/2018).

Medina Aguirre, Francisco Alejandro. "Antecedentes del estudio del campo magnético terrestre en Colombia". *Scientia et Technica* No. 50 (2012): 181-187.

Minnitti Morgan, Edgardo Ronald. "Astronomía de Brasil (apuntes para su historia)". *Historia de la Astronomía*, (2005): 1-53  
<https://historiadelaastronomia.files.wordpress.com/2010/06/astronomia-de-brasil1.pdf>,  
(consultado el 21/05/2018).

Minnitti Morgan, Edgardo Ronald, y Santiago Paolantonio. "Las primeras observaciones magnéticas sistemáticas en la Argentina. Una actividad desconocida del Observatorio Nacional Argentino". *Saber y tiempo* Vol. 13 No. 202 (2005): 73-83.

Ortiz Hernán, Sergio. *Los Ferrocarriles de México. Una visión social y económica*. 1. La luz de la locomotora. México: Ferrocarriles Nacionales de México. 1987.

Páez, J., M. Jiménez, y G. Leandro. "Historia del Campo Geomagnético de Costa Rica". *Ciencia y Tecnología* Vol. 19 No. 1-2 (1995): 53-78.

Pezet Sandoval, Felix H. "Los prototipos nacionales del sistema métrico decimal". En *Metros, leguas y mecatres. Historia de los sistemas de medición en México*, coordinación de Héctor Vera y Virginia García Acosta. México: CIESAS-CIDESI. 2011. 123-136.

Quinn, Terry. From artefacts to atoms. The bipm and the search for ultimate measurement standards. New York: Oxford University Press. 2012.

Ruiz de Esparza, José. "Los orígenes del Observatorio Astronómico Nacional". Ciencias No. 69. México: UNAM (2003): 54-63.

Schaffer, Simon. "Metrology, Metrication, and Victorian Values". En Victorian Science in Context, edición de Bernard Lightman. Chicago: The University of Chicago Press. 1997. 438-474.

Shapin, Steven, y Simon Schaffer. El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes. 2005.

Smith, H. S. S. "Standard Time". Transactions of the Annual Meetings of the Kansas Academy of Science Vol. 8 (1881-1882): 30-32.

Turnbull, David. "Local Knowledge and Comparative Scientific Traditions". Knowledge and Policy Vol. 6 No. 3-4 (1993): 29-54.

Vera Héctor, y Virginia García Acosta. "Introducción". En Metros, leguas y mecatres. Historia de los sistemas de medición en México, coordinación de Héctor Vera y Virginia García Acosta. México: CIESAS-CIDESI. 2011. 9-22.

**Para Citar este Artículo:**

Azuela Bernal, Luz Fernanda. La estandarización científico-técnica en México en el siglo XIX: Imperialismo y universalización de la ciencia. Rev. Incl. Vol. 5. Num. Especial, Octubre-Diciembre (2018), ISSN 0719-4706, pp. 152-176.

**CUADERNOS DE SOFÍA  
EDITORIAL**

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Inclusiones**.

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de **Revista Inclusiones**.