

En Busca Del Fenix



LA CIENCIA Y

SU HISTORIA EN

AMÉRICA LATINA

Por:Rodrigo Fernós

**EN BUSCA DEL FÉNIX:
LA CIENCIA Y SU HISTORIA EN AMÉRICA LATINA**

Por
Rodrigo Fernós

San Juan, Puerto Rico
© 2005 Todos los derechos reservados.

Rodrigo Fernós

Para Lucy...

Información sobre el autor

Rodrigo Fernós enseña en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, y dirige el Instituto de la Ciencia y Tecnología en América Latina (ICTAL). Estudió en la Universidad de Brandéis, la Universidad de Texas, y la Universidad de Minnesota. Su interés académico reside en la difusión de las ciencias, las relaciones entre la periferia y la metrópoli, al igual que el proceso de la modernización. Su primer libro fue *Amistad y Progreso: “: El desarrollo e impacto de los Congresos Científicos Pan Americanos, 1898-1916* (2003). Para más información sobre el tema o el autor, favor referirse al portal www.ictal.org.

PREFACIO

El “porqué” o más bien el “porqué no” de la ciencia en América Latina es una pregunta tanto compleja como complicada. Es compleja por el número de factores en juego, impactando individualmente como interaccionando entre cada uno; es complicada porque tiene una serie de presunciones contradictorias sin fácil resolución.¹

No se puede dudar que la ciencia es uno de los regalos más importantes que la humanidad se ha otorgado a sí misma. Nos damos cuenta del valor de la ciencia cuando consideramos el hecho que la gran parte de la historia humana ha consistido de un baja calidad de vida: alta mortalidad, labor dura y gran ignorancia sobre el porqué de las cosas. La ciencia nos ha permitido una comunicación con el mundo natural, sin la cual estaríamos todavía viviendo en la Edad Media. No solamente ocurren revoluciones dentro de la ciencia, sino que la ciencia revoluciona el mundo social; la totalidad de todas estas revoluciones es algo imprescindible e impresionante. Tan numerosas han sido las revoluciones científicas y tecnológicas de nuestro siglo XX, que nos hemos acostumbrado a estas, opinando falsamente que esta es la norma. En realidad acabamos de presenciar un siglo sin antecedentes en la historia humana.

Desafortunadamente, la contribución del mundo latinoamericano a este desarrollo científico ha sido minúsculo. Surge, de una manera contundente, la pregunta del “porqué no” de la ciencia en América Latina. Pero, como muchas alegaciones académicas, tenemos que cualificar este “hecho” histórico.

No se quiere sugerir que no ha habido actividad científica en la región. Todo lo contrario. Podemos encontrar la ciencia en cada una de sus etapas históricas. Desde los mayas en el Guatemala precolonial a Francisco José de Caldas en la Colombia colonial, hasta los telescopios VLT (*Very Large Telescope*) en el Chile moderno, siempre podemos encontrar la ciencia en su historia. Su presencia nos indica que ciertamente la región proviene de la cultura occidental, al igual que ha tenido lazos con los centros científicos más avanzados del mundo.

El problema no es que la ciencia no ha existido en la región, sino que ha tendido ser sumisa. La ciencia latinoamericana, con una excepción o otra, ha sido seguidora en vez de ser líder. No revoluciona, sino que añade hechos insustanciales a paradigmas ya establecidos en otros lugares. No se destaca sino se esconde en las sombras. Podemos preguntar “¿porqué?”, o mejor dicho “¿porqué no ha tenido mayor éxito durante medio milenio?”

Este libro no pretende dar la contestación final, sino presentar algunos de los materiales que ya existen sobre la materia. El desarrollo de la disciplina que estudia la ciencias en América Latina ha crecido rápidamente en los últimos años. Académicos como Hebe Vessurri, Marcos Cueto, Thomas

Glick, Miguel Ángel Puig-Samper, Pedro M. Pruna Goodall y Nancy Stepan, entre muchos otros, han aumentado grandemente el entendimiento nuestra historia científica. Si no hubo una Revolución Científica en América Latina, ciertamente podemos decir que ha habido una revolución dentro de la historia que la estudia.²

AGRADECIMIENTOS

La participación en congresos de historiadores de la ciencia ha sido muy útil en aprender sobre nuevos e importantes estudios en el área o clarificar ciertas ideas. Miembros participantes que contribuyeron, directa o indirectamente, incluyen a Mohamed Abu Zayed, Jorge Bartolucci, Ernst Hamburg, Christoph Meinel, Gabor Pallo, Sub Park, María de la Paz Ramos Lara, Pedro M. Pruna Goodall, Ian D. Rae, María Cristina Torales Pacheco y Nasir Tyabji entre otros. Le debo también reconocimiento a mis propios estudiantes cuyos debates también ayudaron a clarificar ciertas ideas. Entre ellos se encuentran Alexaida Gómez Gonzáles, Fernando Isern y Omar Wafflington Piñero. Dredmarie Moux otorgó varios prestamos de aquella valiosa moneda, el tiempo, por lo tanto facilitando la edición del libro.

Quisiera reconocer a la Dra. Mayra Rosario, Directora del Departamento de Historia de la Universidad de Puerto Rico en Río Piedras, por darle espacio a la historia de la ciencia, y la Prof. Maria del Carmen Baerga, Carmen Gloria Ortiz, al igual que Yilda Luciano por su constante asistencia en los ilógicos corredores burocráticos.³ José MacElrath, como siempre, ayudó localizar importantes datos al último momento.

Finalmente, quisiera darle mi agradecimiento al Dr. José Rigau, epidemiólogo en el *Centers for Disease Control* (CDC) de día y historiador de la medicina en Puerto Rico de noche, por haber revisado el manuscrito.

Las opiniones expresadas en el libro no necesariamente reflejan aquellas de las personas anteriormente mencionadas. El autor se hace completamente responsables por estas.

ÍNDICE ABREVIADO

PREFACIO	4
AGRADECIMIENTOS	5
ÍNDICE ABREVIADO	6
ÍNDICE.....	8
PRIMERA PARTE: VISIÓN PANORÁMICA DEL PRESENTE	13
CAPÍTULO 1 CIENCIA CONTEMPORÁNEA EN AMÉRICA LATINA	15
CAPÍTULO 2 LA FUGA DE CEREBROS A LOS ESTADOS UNIDOS.....	19
CAPÍTULO 3 LAS MINORÍAS HISPANAS EN LA CIENCIA NORTEAMERICANA	28
CAPÍTULO 4 LOS PREMIOS NÓBEL.....	36
SEGUNDA PARTE: LA AMERICA PRE-COLOMBINA	46
CAPÍTULO 5 LA CREACIÓN DE ESTADOS GRANDES	48
CAPÍTULO 6 LA MATEMÁTICA Y ASTRONOMÍA MESOAMERICANA	57
CAPÍTULO 7 LA INGENIERÍA Y AGRICULTURA INDÍGENA.....	65
CAPÍTULO 8 LA BIOLOGÍA Y LA MEDICINA AZTECA	73
CAPÍTULO 9 LA CAÍDA DE LOS ESTADOS GRANDES.....	81
TERCERA PARTE: LA AMÉRICA COLONIAL.....	93
CAPÍTULO 10 LAS REALES EXPEDICIONES BOTÁNICAS	95
CAPÍTULO 11 LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA.....	105
CAPÍTULO 12 EL CATOLICISMO, EL PROTESTANTISMO Y LA CIENCIA	116
CAPÍTULO 13 EL NEWTONIANISMO.....	127
CAPÍTULO 14 JOSÉ CELESTINO MUTIS Y FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	135
CAPÍTULO 15 LAS EXPEDICIONES NO-HISPÁNICAS EN LAS CIENCIAS NO-BIOLÓGICAS	146
CAPÍTULO 16 LA ILUSTRACIÓN EN ESPAÑA E HISPANOAMÉRICA.....	156
CUARTA PARTE: HACIA LO MODERNO	168
CAPÍTULO 17 ALEJANDRO VON HUMBOLDT	170
CAPÍTULO 18 CHARLES DARWIN Y SU <i>VOYAGE OF THE BEAGLE</i>	181
CAPÍTULO 19 LA SELECCIÓN NATURAL Y EL DARWINISMO EN AMÉRICA LATINA	189
CAPÍTULO 20 EL POSITIVISMO	197
CAPÍTULO 21 EL PENSAMIENTO MÁGICO-RELIGIOSO Y SU INFLUENCIA EN LA CUENCA DEL CARIBE	210
QUINTA PARTE: SIGLO VEINTE	220
CAPÍTULO 22 EL PRIMER CONGRESO CIENTÍFICO PAN AMERICANO, 1908	222
CAPÍTULO 23 LAS ANTÍPODAS DE LA MEDICINATROPICAL.....	232

En Busca del Fénix

CAPÍTULO 24 LA INDUSTRIALIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA.....	244
CAPÍTULO 25 LA INFLUENCIA DEL GIGANTE AL NORTE	255
CAPÍTULO 26 LA MIGRACIÓN JAPONESA EN LA CIENCIA BRASILEÑA	266
CAPÍTULO 27 LA ASTRONOMÍA MODERNA EN CHILE Y PUERTO RICO	276
CAPÍTULO 28 LA CIENCIA NUCLEAR EN ARGENTINA	284
CONCLUSIÓN: EL FÉNIX DESCANSA	292
LECTURAS RECOMENDADAS	330
CONTENIDOS	350

ÍNDICE

PREFACIO	4
AGRADECIMIENTOS	5
ÍNDICE ABREVIADO	6
ÍNDICE.....	8
PRIMERA PARTE: VISIÓN PANORÁMICA DEL PRESENTE	13
CAPÍTULO 1 CIENCIA CONTEMPORÁNEA EN AMÉRICA LATINA	15
CAPÍTULO 2 LA FUGA DE CEREBROS A LOS ESTADOS UNIDOS.....	19
<i>La migración científica a los Estados Unidos (1950-2000)</i>	<i>20</i>
<i>Causas de la fuga de cerebros</i>	<i>22</i>
<i>La difícil práctica de la ciencia en el tercer mundo</i>	<i>24</i>
<i>Conclusión.....</i>	<i>26</i>
CAPÍTULO 3 LAS MINORÍAS HISPANAS EN LA CIENCIA NORTEAMERICANA	28
<i>La educación científica estadounidense en el contexto mundial.....</i>	<i>28</i>
<i>Minorías hispanas en la ciencia estadounidense.....</i>	<i>29</i>
<i>La pobreza entre las minorías hispanas</i>	<i>32</i>
<i>La diferencia cubana</i>	<i>34</i>
<i>Conclusión.....</i>	<i>34</i>
CAPÍTULO 4 LOS PREMIOS NÓBEL.....	36
<i>Factores Personales</i>	<i>36</i>
<i>Premios Nobel.....</i>	<i>38</i>
<i>Bernardo Houssay y Luis F. Leloir</i>	<i>40</i>
<i>Factores Nacionales</i>	<i>42</i>
<i>Rutas del éxito científico</i>	<i>44</i>
SEGUNDA PARTE: LA AMERICA PRE-COLOMBINA	46
CAPÍTULO 5 LA CREACIÓN DE ESTADOS GRANDES	48
<i>Arnold Toynbee: la respuesta humana</i>	<i>49</i>
<i>El clima y la geografía</i>	<i>51</i>
<i>Jared Diamond: factores biológicos</i>	<i>54</i>
<i>Conclusión.....</i>	<i>56</i>
CAPÍTULO 6 LA MATEMÁTICA Y ASTRONOMÍA MESOAMERICANA.....	57
<i>El concepto del cero</i>	<i>58</i>
<i>El quipu.....</i>	<i>58</i>
<i>Los números mayas.....</i>	<i>59</i>
<i>La astronomía maya</i>	<i>60</i>
<i>Venus.....</i>	<i>61</i>
<i>Función social del tiempo en el Imperio Azteca</i>	<i>62</i>
CAPÍTULO 7 LA INGENIERÍA Y AGRICULTURA INDÍGENA.....	65
<i>Metáforas de la comida en la ciencia y la religión</i>	<i>66</i>
<i>Quetzalcoatl y el plan urbano</i>	<i>66</i>

<i>Prácticas agrícolas básicas</i>	68
<i>Canales aztecas</i>	69
<i>Almacenes incas</i>	70
<i>Conclusión</i>	72
CAPÍTULO 8 LA BIOLOGÍA Y LA MEDICINA AZTECA.....	73
<i>El concepto del alma en el mundo occidental</i>	74
<i>El concepto del alma en el mundo azteca</i>	76
<i>Prácticas médicas aztecas</i>	77
<i>La etnobotánica y las enfermedades gástricas en Chiapas</i>	78
<i>El sincretismo médico:</i>	79
<i>Conclusión</i>	80
CAPÍTULO 9 LA CAÍDA DE LOS ESTADOS GRANDES	81
<i>Joseph Tainter: el precio de la complejidad</i>	83
<i>Casos particulares</i>	85
<i>I: Conflicto Interno: la sociedad maya</i>	85
<i>II: Conflicto externo: azteca e inca</i>	87
<i>La disminución demográfica</i>	90
<i>¿Amenaza moderna?</i>	91
TERCERA PARTE: LA AMÉRICA COLONIAL	93
CAPÍTULO 10 LAS REALES EXPEDICIONES BOTÁNICAS.....	95
<i>La naturaleza en el Nuevo Mundo</i>	96
<i>Saint Domingue: Cercle des Philadelphes</i>	96
<i>Problemas en el camino</i>	98
<i>La región del Pacífico: Malaspina y Pineda</i>	99
<i>México: Sesse y Moziño</i>	100
<i>Perú y Chile: Ruiz y Pavón</i>	101
<i>Conclusión</i>	103
CAPÍTULO 11 LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA	105
<i>Los presocráticos, 600-400 AC:</i>	105
<i>Confianza en la razón</i>	105
<i>Aristóteles (400-300 BC): la moción “natural”</i>	106
<i>Precursores a Copérnico: los epiciclos</i>	108
<i>La pérdida y la readquisición del saber griego</i>	109
<i>Nicolás Copérnico</i>	110
<i>Tycho Brahe y Johannes Kepler</i>	111
<i>Galileo y las manchas católicas</i>	112
<i>Inercia</i>	113
CAPÍTULO 12 EL CATOLICISMO, EL PROTESTANTISMO Y LA CIENCIA	116
<i>Complejidad del tema</i>	117
<i>La tesis de Merton</i>	118
<i>Los jesuitas: el epítome y la antítesis</i>	120
<i>La Iglesia Católica en América Latina</i>	122
<i>La Inquisición (1492-1834) y los Índices (1543-1707)</i>	123
CAPÍTULO 13 EL NEWTONIANISMO	127
<i>Ciencia Inglesa</i>	127

Rodrigo Fernós

Isaac Newton	129
Newton y la luz	130
Newton y la gravedad	131
La difusión del newtonianismo a América Latina	133
CAPÍTULO 14 JOSÉ CELESTINO MUTIS Y FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	135
Ciencia y la economía en la América Latina colonial	135
José Celestino Mutis	136
Francisco José de Caldas	137
Difusión newtoniana y trabajo astronómico	138
Trabajo botánico	140
La economía y la independencia de América Latina	144
CAPÍTULO 15 LAS EXPEDICIONES NO-HISPÁNICAS EN LAS CIENCIAS NO-BIOLÓGICAS	146
Breve historia de la cartografía	147
El problema de la longitud: el reloj número cuatro de Harrison	149
Cuadrando el círculo: las proyecciones de Mercator y Peters	150
La triangulación de la Tierra: Perú y Laponia	152
CAPÍTULO 16 LA ILUSTRACIÓN EN ESPAÑA E HISPANOAMÉRICA	156
Carlos III y la Ilustración Española (1759-1788)	158
Sociedades Económicas	160
La Universidad de San Carlos de Guatemala	161
Conclusión: ¿para qué fines?	165
CUARTA PARTE: HACIA LO MODERNO	168
CAPÍTULO 17 ALEJANDRO VON HUMBOLDT	170
Humboldt y Darwin	171
La visión de Humboldt: el empirismo romántico	173
Descripción de viajes: aventuras y criaturas exóticas	174
Descripción de viajes: el medio ambiente ecológico	176
Descripción de viajes: la cultura hispánica	177
Coherencia de la naturaleza: influencia en Darwin	178
Conclusión	180
CAPÍTULO 18 CHARLES DARWIN Y SU VOYAGE OF THE BEAGLE	181
El viaje	182
Función	183
El racismo y los fueguinos	183
El empirismo de Darwin: la geología y la zoología	185
CAPÍTULO 19 EL DARWINISMO EN AMÉRICA LATINA	189
Trasfondo intelectual	189
The Origin of Species de Darwin	191
La difusión y recepción del darwinismo en América Latina	194
CAPÍTULO 20 EL POSITIVISMO	197
Auguste Comte	197
El positivismo en América Latina, (1870-1915)	200
El positivismo y la Iglesia Católica	202
Los “científicos” de México	205

CAPÍTULO 21 EL PENSAMIENTO MÁGICO-RELIGIOSO Y SU INFLUENCIA EN LA CUENCA DEL CARIBE.....	210
<i>La esclavitud africana</i>	210
<i>La ciencia y medicina SHA</i>	211
<i>Perspectiva SHA</i>	214
<i>Causas del estancamiento científico SHA</i>	215
<i>El impacto del pensamiento SHA en América Latina</i>	217
QUINTA PARTE: SIGLO VEINTE.....	220
CAPÍTULO 22 EL PRIMER CONGRESO CIENTÍFICO PAN AMERICANO, 1908	222
<i>La física</i>	224
<i>La química</i>	226
CAPÍTULO 23 LAS ANTÍPODAS DE LA MEDICINATROPICAL	232
<i>Sir Patrick Manson</i>	233
<i>Bailey K. Ashford</i>	237
CAPÍTULO 24 LA INDUSTRIALIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA	244
<i>La Revolución Industrial de Inglaterra</i>	245
<i>La revolución industrial en América Latina</i>	247
<i>Los ferrocarriles</i>	249
<i>¿Por qué América Latina se quedó detrás?</i>	251
CAPÍTULO 25 LA INFLUENCIA DEL GIGANTE AL NORTE	255
<i>Bailey Willis</i>	256
<i>La Fundación Rockefeller</i>	257
<i>El Programa Cuarto Punto de Truman</i>	259
<i>La Alianza para el Progreso de Kennedy</i>	260
<i>Proyectos después de la Alianza</i>	263
CAPÍTULO 26 LA MIGRACIÓN JAPONESA EN LA CIENCIA BRASILEÑA	266
<i>Migración a América Latina, 1880-1945</i>	266
<i>Migración a Brasil</i>	267
<i>El periodo Meiji de Japón: Industrialización</i>	268
<i>El periodo Meiji: la adquisición de la ciencia moderna</i>	269
<i>Emigrantes japoneses a Brasil, 1908-1945</i>	272
<i>Las relaciones comerciales entre Brasil y Japón, 1945-1993</i>	273
<i>Conclusión</i>	275
CAPÍTULO 27 LA ASTRONOMÍA MODERNA EN CHILE Y PUERTO RICO	276
<i>Breve historia de la astronomía del siglo XX</i>	277
<i>Observatorio Astronómico Nacional San Pedro Mártir, México</i>	278
<i>Observatorio Meridional ESO, Chile</i>	280
<i>Radiotelescopio de Arecibo, Puerto Rico</i>	282
CAPÍTULO 28 LA CIENCIA NUCLEAR EN ARGENTINA	284
<i>La mentira de Richter, 1951-52</i>	284
<i>CNEA y la política nuclear</i>	287
<i>Conclusión</i>	289
CONCLUSIÓN: EL FÉNIX DESCANSA	292
LECTURAS RECOMENDADAS	330

Rodrigo Fernós

CONTENIDOS.....	350

PRIMERA PARTE: VISIÓN PANORÁMICA DEL PRESENTE

La historia inevitablemente trata de explicar el presente y, por lo tanto, es útil describir el estado en el cual la ciencia latinoamericana se encuentra hoy. Empezamos con el fin. Las cifras de la ciencia actual en América Latina no proveen una imagen muy favorable. Aunque se han hecho mejoras, la ciencia latinoamericana todavía es pequeña e de poco impacto relativa a aquella de los países primer mundistas. Su estado científico refleja su posición económica intermediaria; es ciencia “segundo mundista”.

Se podría observar que el bajo nivel científico se debe parcialmente a los recursos económicos de la región, pero esta explicación económica no elucida completamente el carácter de la ciencia hispana en su totalidad histórica, a pesar de ayudar a explicar su estado después de la Segunda Guerra Mundial—un tema que será discutido en la última sección del libro. La cercana relación entre la ciencia y la economía es una reciente, debido al fenómeno de la “ciencia grande” (*Big Science*), primero observado por Derek de Solla Price. A través de la mayoría de su historia, la ciencia fue labor de individuos con “pluma y papel”, no de organizaciones grandes con tecnologías complejas que, debido a su tamaño y alto costo, necesitaban grandes cantidades de apoyo financiero. La relativa pobreza de la ciencia en América Latina, en toda su historia, por lo tanto no se puede explicar meramente por la falta de fondos o inversión gubernamental. La economía es uno de varios factores que contestan el “porqué no” de la ciencia América Latina, pero no es el único. Por esta razón, la cultura toma mayor predominancia causal a un nivel históricamente comprensivo.

La emigración latinoamericana y la participación de las minorías hispanas en los Estados Unidos ayudan a poner estos factores en perspectiva. Que los migrantes hispanos, al igual que las poblaciones de América Latina, demuestren bajos porcentajes en la participación científica sugiere que ciertos elementos culturales han ocupado un papel más importante de lo que se tiende a reconocer. El inmigrante trae consigo las asunciones implícitas que ha adquirido en su país natal.⁴ La baja participación del hispano en la ciencia también se puede ver a través de los diferentes niveles de educación. Estos hechos sugieren que la ciencia tiene una posición relativamente baja en el esquema de valores hispánicos.⁵ Aun en una economía próspera, los hispanos no escogen participar en la ciencia por su libre voluntad. Una vez más, observamos que la economía no es el factor predominante que ha influido el desarrollo de la ciencia en América Latina.

De manera similar, estudios sobre las motivaciones de científicos latinoamericanos que emigran también dan mayor apoyo al factor cultural

Rodrigo Fernós

visa-vie el económico del no-desarrollo científico de América Latina. El carácter de las motivaciones del grupo laboral diestro (el científico) y el no-diestro diferencian sustancialmente. Mientras que el segundo emigra porque las circunstancias cotidianas lo fuerzan a emigrar, el primero emigra por las oportunidades que las nuevas circunstancias puedan rendir a su quehacer científico.⁶ La vida intelectual del hombre es tan importante como su prosperidad financiera, y muchos científicos emigran simplemente para mejorar su ciencia.⁷ Si uno emigra por el dinero, el otro lo hace por las ideas. El factor económico tiende a ser uno secundario e indirecto.

Capítulo 1

CIENCIA CONTEMPORÁNEA EN AMÉRICA LATINA

¿Cómo se compara la ciencia en América Latina con aquella producida en otros países? ¿Cuánta ciencia se produce y cuán meritoria se estima en el mundo contemporáneo? ¿Qué criterio utilizamos para medirla?

Si miramos a cualquier mapa, nos damos cuenta de que algunas veces los mapas sugieren ciertas implicaciones que no son necesariamente verdaderas; los mapas algunas veces mienten. Un mapa mundial nos indica que los continentes como África y América Latina son geográficamente significativos. Tienen una amplia extensión de terreno, lo que sugiere grandes cantidades de recursos naturales económicamente valiosos y, quizás, una economía y una ciencia fructífera. Un mayor país, una mayor economía y, por lo tanto, una mayor ciencia. Pero, si miramos a un mapa actual de la producción científica global, nos damos cuenta de que el primer mapa geográfico nos sugiere una imagen incorrecta de su ciencia.

A pesar de su gran tamaño geográfico, continentes como África y América Latina casi desvanecen en un mapa de producción científica al ser tan diminutos. En 1995, produjeron respectivamente un 0.8% y un 1.6% del total científico mundial. Por comparación, países pequeños como Japón e Inglaterra produjeron un 7% y un 9% respectivamente para 1985. Es decir, lugares geográficamente grandes no necesariamente producen cantidades mayores de ciencia. Por el contrario, algunas naciones pequeñas producen cantidades más elevadas de ciencia que los continentes más grandes. El tamaño geográfico, como factor aislado, no es el único determinante de la producción, calidad, o capacidad científica de una nación.

Podemos observar que en algunos casos existe una correlación entre el tamaño geográfico de una región y su actividad científica. Los Estados Unidos, por ejemplo, tiene la producción científica más alta globalmente al igual que ser la más citada, de un 38.4% en 1995. Una similar proporción existe en el área de la tecnología, particularmente la producción de patentes. Para 1995, los Estados Unidos poseía un 33%. En el caso de EEUU hay una correlación entre tamaño geográfico, su tamaño científico y la importancia de su ciencia, pero es una correlación relativamente nueva en la historia de la ciencia, que no aplica a su vecino sureño. La cifra de patentes para América Latina era solamente un 0.2% para 1995.⁸

Si se compara las cifras sobre la inversión fiscal en la actividad científica, notamos que las naciones desarrolladas producen ciencia por encima de los países hispanoamericanos simplemente porque invierten un

Rodrigo Fernós

mayor cantidad de recursos en ella. La inversión en la actividad e instituciones científicas de países hispanoamericanos también fueron substancialmente menor, como porcentaje de su producto bruto nacional. En 1994 la inversión promedia de estos no sobrepasaba el 0.3%, mientras que el promedio en los países desarrollados tenían por lo menos un 2.0%, Europa con un 1.8% y Norte América con un 2.5%.⁹ Durante la década de 1960, los porcentajes del producto bruto nacional que se invierten eran aún más bajos en los países latinoamericanos. Un mayor porcentaje de una más grande economía resulta, naturalmente, en inversiones absolutas más altas en los países desarrollados que en los de América Latina. Mientras que en 1987 el Japón invirtió \$68 billones, Argentina solamente identificó unos \$231 millones de su presupuesto. En términos de cantidades absolutas, las diferencias entre los países desarrollados y aquellos en América Latina son significativos.

La poca importancia que la ciencia ha tenido en la historia de América Latina se puede notar particularmente en los premios Nóbel otorgados desde principios del siglo XX. El número de premios otorgados a científicos latinoamericanos se puede contar con una sola mano, la mayoría de estos otorgados a científicos de la Argentina en el área de la medicina—el área “científica” más valorada en la región.¹⁰

Sin embargo, la producción científica no se basa solamente en la cantidad de dinero que se le otorga a disciplinas como las matemáticas o la química. Depende también de factores sociales, tales como la relaciones interpersonales que los científicos mantienen entre sí y con miembros de la comunidad científica internacional. Estas relaciones sociales crean “colegios invisibles” de importancia para el desarrollo científico.¹¹ Desafortunadamente, podemos ver que los científicos de América Latina no solamente tienen muy pocas relaciones con el mundo científico del exterior, sino entre ellos mismos. Si el nivel de colaboración entre científicos de los países nórdicos era de un 37%, el de América Latina era casi inexistente durante la primera mitad de la década de 1980. Para Argentina, el índice de cooperación era de un -49% (1980). Nótese el valor negativo del segundo número; “antagonismo” en vez de “cooperación” quizás es un mejor término descriptivo. México, con su proximidad geográfica con los Estados Unidos, era la única excepción con un 28.9% (1980).

Si se evalúa más detalladamente a las cifras para América Latina, nos damos cuenta de que, en general, las naciones más grandes y prosperas produjeron las cantidades mayores de ciencia. México, Brasil y Argentina son productores locales “grandes”. Un mapa geográfico de la región en este sentido refleja más cercanamente su mapa científico, aunque América Central casi desaparece de dicho mapa. No obstante, no compiten en términos de volumen de producción en comparación con el mundo desarrollado. La proporción de la producción científica entre países como Brasil y Bolivia, o Argentina y Ecuador, son similares a aquella que existe entre Estados Unidos y

América Latina como unidad. Son grandes a nivel local, pero siguen siendo diminutivos al nivel mundial.

Curiosamente, el volumen de su producción científica no es indicativo de su valor científico en la percepción internacional. Sorprendentemente, los científicos de Bolivia y Uruguay, con una producción sustancialmente menor que la de México, son citados con mayor frecuencia al nivel internacional. Mientras que el índice para Uruguay y Bolivia son de un 1.5 a un 2.5, la cifra para Argentina y Brasil es entre 0.5 y 0.75.

Es irónico que, la ciencia latinoamericana le pone más énfasis a las ciencias aplicadas, aquellas con fines prácticos, mientras que las ciencias puras con un mayor potencial para la industria y la modernización, como la física y la química, reciben menor atención en la región. Si comparamos las características científicas de algunas naciones latinoamericanas con países que producen para el mercado global—Alemania, Taiwán y la India—notamos diferencias sustanciales. El último grupo enfatiza más la química y la física que en el primer grupo latinoamericano. Mientras que las ciencia biológica en México aconteció un 58% de su producción científica total, en Taiwán contribuyó solamente un 20%. Inversamente, mientras que la física y la química consistieron un 57% del total científico en Taiwán, estos solamente acontecieron un 39% en México. Ambos países, a pesar de la diferencia de su tamaño geográfico, produjeron en 1985 la misma cantidad científica global.

Como quizás se pueda observar de la cifras que acabamos de señalar, otro elemento particular de la ciencia latinoamericana es el contundente énfasis que se les da a las ciencias de la “vida”: biología, agricultura y medicina. Ésta última ha sido la ciencia más destacada en la región en su historia, quizás debido al énfasis que se le otorga a la remuneración económica como criterio principal en la selección de una carrera profesional. La importancia científica de la biología se debe obviamente a la maravilla de la flora y fauna de la región al igual que el alto nivel social e ingreso de los médicos, mientras que la importancia económica del producto agrícola (o la exportación de recursos naturales) explica en parte la predominancia de las ciencias agrícolas. Desafortunadamente, una economía “moderna” no se basa solamente en estas tres áreas.

Conclusión

Aunque la producción científica de América Latina es minúscula en términos globales, la región está haciendo un genuino esfuerzo y sacrificio para adelantar. Estos esfuerzos no siempre son fructíferos y tienden a verse afectados por el *status quo*, o el momentum social que viene propulsando la región a través de su historia. La importancia histórica en las ciencias biológicas permanece implantada en la mentalidad colectiva. En otros casos, se ve el desarrollo de aquellos recursos que se opinan tener mayor potencial económico debido a su fortaleza local. Podemos dudar el éxito a largo plazo

Rodrigo Fernós

de tal estrategia para el desarrollo de la región. Después de todo, las ciencias industriales de una economía moderna son la física y la química—ciencias con relativamente poco auge en la región. Quizás el futuro nos pruebe mal.

No obstante, las cifras mencionadas anteriormente crean más interrogantes de las contestaciones que proveen sobre el “porqué” de la debilidad científica en América Latina. ¿Por qué han habido tan pocos científicos con tan pocos logros o con tan poco reconocimiento internacional? ¿Cuál es la razón por el hecho que la mayoría de las patentes registradas dentro de la misma región provienen de extranjeros y no de inventores hispanoamericanos? ¿Porque se ha rechazado las ciencias “puras” o teóricas en la región? El factor económico no lo explica todo.

Capítulo 2

LA FUGA DE CEREBROS A LOS ESTADOS UNIDOS: ARGENTINA

*Los hombres con renuencia paran el rumbo de
una ocupación o fuente de ingreso por otra,
amenos que son invitados a esta por ventajas
muy aparentes e inmediatas.*¹²

—Alexander Hamilton

La migración constituye una parte natural de la vida humana, tanto a escala social como en la individual. Cada persona busca aquel lugar donde opine tenga las mejores oportunidades disponibles, midiendo conscientemente o inconscientemente los costos y beneficios de sus opciones.

Actualmente la migración internacional ocurre a una escala tan voluminosa y ágil, que las naciones regulan estrictamente este intercambio de seres humanos; las consecuencias sociales de estos movimientos son enormes. La mayoría de esta migración es motivada por factores económicos. En general, el flujo de personas tienden a ser de países pobres a países ricos, tanto relativa como absoluta: de Haití a República Dominicana, de República Dominicana a Puerto Rico y de Puerto Rico a los Estados Unidos. A escala global, la migración también tiende a existir entre países que han sido colonizados a los que los colonizaron: de Argelia a Francia o de India a Inglaterra. Tales movimientos conllevan cambios demográficos y culturales a una escala sin precedente histórico. Durante la mayor parte de la historia humana los lentos métodos de transporte, como el caballo o el barco de vela, limitaban el flujo de poblaciones en masa relativo a la escala moderna—con la excepción de la esclavitud. Como las limitaciones tecnológicas ya no son impedimentos viables, el mayor obstáculo que existe es aquel impuesto por el hombre: la ley.

La migración del profesional, o lo que se llama la fuga de cerebros, es un evento también relativamente reciente, que se empieza a ver después de la Segunda Guerra Mundial.¹³ Esta se caracteriza, como el término lo sugiere, de la fuga de fuerza laboral adiestrada—aquellos con preparación académica. Si para 1895 solamente un .59% de la emigración total consistía de profesionales, para 1970 el nivel había subido a un 11%. Parte de la causa se debe al tremendo crecimiento económico de Estados Unidos después de la Segunda Guerra Mundial. Mientras que los países europeos salieron de la Guerra con sus infraestructuras en ruinas, EEUU salió triunfante y poderosa. La diferencia en salarios y calidad de vida era tal, que muchos se mudaban con el solo propósito de mejorar su situación.

Rodrigo Fernós

Quizás un buen ejemplo es el flujo de doctores filipinos a EEUU durante la década de 1970. En las Filipinas, un 70% de los científicos eran médicos, mientras que los Estados Unidos tenía una escasez de médicos de 250,000. Debido a las dinámicas de tira y hala, hubo una gran oleada de migración científica del primer país al segundo.¹⁴ En 1970, un 24% de todos los médicos que emigraron a Estados Unidos provenían de las Filipinas, en comparación con un 2% provenientes de Alemania.

Algunos argumentan que esta migración fue positiva para ambos países porque llevó a un nivel de equilibrio las “tensiones” en el sistema. El exceso de médicos filipinos y la necesidad en los Estados Unidos se equilibraron para su beneficio mutuo. El caso es ilustrativo porque también revela las complejidades del problema de la fuga de cerebros—definida por la disminución de capital humano en las naciones que más lo necesitan. Irónicamente, la necesidad de médicos en las Filipinas era aún más alta que la de Estados Unidos.

Si se observa el caso más detalladamente, notamos que aunque existía una sobreabundancia de médicos en las principales ciudades de Filipinas, había igualmente una gran escasez en las áreas rurales donde existía solamente un médico para cada 5,000 personas; en Manila, la cifra era un médico para cada 600 personas. Por otro lado, en los Estados Unidos, la deficiencia de doctores se debía al control institucional de la *American Medical Association*, que estableció criterios de entrada excesivamente altos en relación con la demanda nacional. En 1970, unos 20,000 estudiantes aplicando a escuelas de medicina estadounidenses fueron rechazados. Aunque el caso de la inmigración de los médicos filipinos sugiere una causa económica, tal no era el único factor a mano.

La migración científica a los Estados Unidos (1950-2000)

Más científicos emigran a los Estados Unidos que a cualquier otro país del mundo. Emigran científicos no solamente del Tercer Mundo, sino también de la Europa Occidental, región tradicionalmente próspera en su industria y ciencia. No es difícil ver el porqué. Con una economía robusta, una cultura que valora la ciencia y un sistema político abierto que provee más oportunidades relativa a otros países, la decisión de emigrar a los EEUU no es una difícil. Científicos franceses han opinado que pudieron desarrollar productos de sus ideas mucho más fácilmente en EEUU que si lo hubiesen intentado en su país natal. Existen menos barreras burocráticas para el “empresarismo” científico. Podemos también notar que alrededor de unos \$200 billones se invierten en la ciencia en los EEUU, provenientes del gobierno federal y la industria privada. Aunque en el Japón se invirtió en 1987 un porcentaje mayor de su economía en la ciencia, casi un 3% en comparación con el 2.6% de los EEUU, la cantidad total de la segunda era más del doble de la primera debido al mayor tamaño absoluto de la economía Norte Americana.

En términos relativos, existen más oportunidades para un científico en los Estados Unidos que en otras partes del mundo.

Este ambiente favorable ciertamente ha sido un factor en la inmigración científica al país. El número de estudiantes de Asia que obtuvieron grados científicos en los Estados Unidos creció por más de un factor de 5 entre 1950 y 1970. En cuatro años, el número de científicos extranjeros que inmigraron a los Estados Unidos se triplicó (1966-1970). Más importante aún, el porcentaje de la fuerza laboral migratoria que estaba relacionada a la ciencia o la tecnología creció de manera exponencial. En otras palabras, si se era un científico o ingeniero migrante, se le hacía más fácil encontrar las puertas abiertas de los Estados Unidos.

El mayor porcentaje de la inmigración científica a los Estados Unidos no ha venido de América Latina, sino de Asia. Mientras que en 1997 la inmigración científica Europea consistió en un 24%, la asiática de un 57%. En 1970, 7 millones de científicos e ingenieros de origen asiático emigraron a los Estados Unidos. Particularmente, se destaca la India consistentemente como un país exportador de su capital humano, un 12% del total de todas las naciones de inmigrantes científicos a los EEUU en 1997, la cifra más alta para una sola nación. En 1970, la cifra era aún más alta, de unos 22%.

La mayoría de estos inmigrantes han obtenido posiciones en disciplinas con fuerte énfasis matemático. Aunque la migración de matemáticos como tal ha sido baja, la de ingenieros y aquellos con destrezas de computadoras y computación han sido sustancialmente mayores. Las proyecciones de crecimiento económico estadounidense sugieren que estas áreas van a seguir creciendo; tal es la demanda por estos servicios, que se ‘exportan’ trabajos a la India de programación computacional.¹⁵ Pocos estadounidenses estudian ciencias computacionales relativo a la demanda interna, problema que se ve a través de todas las disciplinas de ciencia y ingeniería. Es un patrón que probablemente va a seguir creciendo en el futuro. Si en 1998 había alrededor de 3.8 millones de trabajos relacionados con la ciencia, se estimó en el 2000 que para el 2008 el número aumentará a 5.7 millones, o cuatro veces mayor que el promedio de otras ocupaciones. La cultura anti-intelectual estadounidense es contraproducente a su propio bienestar económico.

En términos globales, podemos notar que la migración de científicos de América Latina ha sido relativamente escasa con un total solamente de 13% en 1997. El número era aún más bajo entre 1961 y 1976, solamente un 8.6% o unos 300,000 científicos e ingenieros. Dentro de este grupo, las naciones que han aportado más científicos han tendido a ser las más desarrolladas: México, Argentina y Cuba, aunque obviamente factores políticos tuvieron mucho que ver. En 1965, la pequeña nación de Cuba exportó unos 1,581 científicos a los EEUU—tres veces más que la nación más grande de Brasil. Otra anomalía curiosa es el caso de Colombia, que no solamente exportó más científicos en números absolutos (868) entre 1962 y 1966, sino también un porcentaje mucho

Rodrigo Fernós

más alto de sus graduados universitarios (17%). Podemos observar que Chile (21%) y Venezuela (47%), naciones relativamente ricas, también tuvieron porcentajes altos. No son los países pobres que exportan sus científicos, sino las naciones ‘ricas’ de la región.

Causas de la fuga de cerebros

¿Cuáles, entonces, son las causas de la migración científica? ¿Por qué es que un científico decide quedarse en su nación natal mientras que otro decide moverse indefinidamente? ¿Cómo explicamos la anomalía?

Algunos académicos alegan que las causas de migración de la fuerza laboral adiestrada son las “tensiones estructurales”. El término se refiere a la discrepancia entre la oferta y demanda de la fuerza científica y su demanda laboral, irrespectivamente del tamaño absoluto de una economía. La economía subdesarrollada no genera el mismo número de empleos concurrente a la producción universitaria de doctorados, creando así una “tensión” entre su “estructura” laboral y su “estructura” educacional. Esta tensión, por lo tanto, obliga que miembros de la fuerza laboral emigren en búsqueda de empleos en su especialidad o ingresos más altos basados en su nivel de adiestramiento, reduciendo así la presión estructural. Simplemente, el término se refiere al desempleo de la fuerza laboral profesional.

El concepto de tensión estructural es importante dado que nos demuestra un nivel más complejo de entendimiento que si fuésemos a observar solamente el producto bruto (per capita) de una nación. Nos sugiere que puede existir una sobrepoblación de científicos e ingenieros en una economía relativamente prospera, por lo tanto estimulando esta a emigrar. Inversamente, el mero hecho de tener una economía pequeña no necesariamente significa que habrá un empuje hacia la migración profesional. En el caso de Haití, por ejemplo, con una economía pésima de solo un \$105 producto nacional bruto (PNB) per capita (1970), también tiene un bajo nivel de tensión estructural medido en un -1 y, por lo tanto, una tendencia relativamente baja hacia la migración profesional, de unos 398 en 1965. Argentina, con una mayor economía de unos 490 PNB per capita en 1970 tuvo ese mismo año un alto nivel de tensión estructural medida en un 23, al igual que el mayor número de emigrantes para 1965, unos 973 científicos. Puerto Rico, a pesar de que en 1965 tenía la mayor economía de la región, igualmente tenía la tasa más alta de tensión estructural, medida en 40. Patrones de épocas recientes siguen el mismo patrón. México fue la nación hispana con el más alto nivel de emigración científica de los países de América Latina, un 2% del total a nivel mundial en 1997, a pesar de ser una de las más modernas e industrializadas.

Si observamos la migración fuera de América Latina, llegamos a las mismas conclusiones. Los países más avanzados, tales como Taiwán, India y China, no son los que tienen incidencias de emigración científica más bajas sino los más altos. Lo mismo sucede con los países avanzados de Europa.

El concepto es útil al ser la medida entre demanda y oferta en el mercado profesional doméstico, independiente del tamaño absoluto de una economía. Si el número de graduados universitarios excede la demanda interna de una nación, la tensión estructural surgirá no importe cuán grande y prospera sea dicha economía. Podríamos decir que la tensión estructural elimina un prejuicio basado en el tamaño absoluto de una economía medido por su PNB, permitiéndonos ver todas las naciones más justamente entre sí. Que una economía sea grande no necesariamente significa que va a poder absorber nuevos laboradores adiestrados.

No obstante, la tensión estructural no es la única causa de la migración científica, a pesar de su mérito.

Si comparamos las cifras de la tensión estructural con la cantidad de científicos emigrantes, la relación no siempre es una muy clara y convincente—independientemente de la región que se evalúe, sea América Latina u otros países del mundo. Naciones con altas tasas de desempleo científico tienen pocos niveles de migración, mientras que países con bajos niveles de desempleo tienen altas tasas de migración, opuesto a lo que uno esperaría del modelo de tensión estructural. Como se sugirió antes, aunque la tensión estructural de Chile era relativamente baja, de un -1 , un porcentaje relativamente alto de su población científica emigró, unos 21.2%. Las correlaciones moncausales desafortunadamente no dominan el ámbito social.

Podríamos notar que existe una correlación entre la tendencia de emigrar cuando se compara los acuerdos científicos bilaterales. Mientras que América Latina tuvo solamente 48 acuerdos científicos bilaterales, Europa y Asia tuvieron una cifra tres veces mayor. El hecho sugiere una menor apreciación global, válida o no, sobre la ciencia de América Latina en comparación con aquella de otros países, o un prejuicio en contra de las naciones hispano parlantes. No obstante, las cifras ciertamente demuestran más interacción científica entre EE.UU., Europa y el Japón que entre los Estados Unidos y sus vecinos de América Latina—un hecho que tiende a continuar su propia dinámica interna.

Se menciona este punto solamente para ilustrar que el PNB no puede ser el único factor bajo consideración; la realidad es mucho más compleja. El dinero no es lo único que motiva a los individuos; ideas y metas personales pueden tomar ser igualmente importantes.

Argentina y el papel de los factores sociológicos

Unas entrevistas que se hicieron a emigrantes argentinos demuestran cuán importante son los factores psicológicos y sociales en la decisión personal de emigrar. Contrario a lo que se imaginaría al utilizar excesivamente estadísticas económicas, los factores económicos no tuvieron un papel predominante en la decisión personal de emigrar por el científico argentino.

Rodrigo Fernós

Alejandro Portes en su trabajo, “Los determinantes de la emigración profesional” (1977), encontró que el científico emigra por razones muy diferentes a las de la fuerza laboral no adiestrada. La mayoría de los primeros emigrantes se caracterizaban por haber tenido carreras exitosas en su país, con sueldos relativamente altos y influencias sociales favorables. Estos tendían a tener ingresos más altos que su contraparte no-emigrante, más publicaciones, mayor puestos docentes, al igual que sentirse más satisfechos con sus ingresos. Por ejemplo, mientras que el 40% de los emigrantes argentinos tenían ingresos anuales que sobrepasaban los US \$100, el 90% de los no-emigrantes tenían ingresos por debajo de este nivel. El no-emigrante se caracterizaba por cualidades diametricamente opuestas: menor ingreso, menos publicaciones, más hijos y pocos contactos en Norte América.

Estas y otras cifras recopiladas por Portes indican que el perfil del científico emigrante es sustancialmente diferente al perfil del emigrante de poca destreza. Aunque ambos migrantes tienden a mejorar su posición económica personal, en énfasis y los valores que motivan a los dos grupos son radicalmente diferentes. Si el grupo no-diestro quiere mejores oportunidades a través de todos aspectos de su vida personal—hogar, transporte, e ingreso—el segundo enfatizaba principalmente mejorar su práctica científica profesional. O sea, el científico emigrante no era “empujado” por condiciones desfavorables en su país natal, sino era “atraído” por condiciones favorables que le permitían la posibilidad de logros científicos al nivel mundial no viables desde su país natal. Dado que este tendía a ya tener un relativamente alto nivel socio-económico, su ambición no era tanto económica como científica.

No podemos dudar que condiciones poco favorables, como la inestabilidad política, también afecta la decisión personal de emigrar. Si se compara la emigración de Argentina con cambios políticos, esta también indica una relación clara y convincente. El caso de Cuba es bien conocido. Ironicamente, hubo un problema parecido en la emigración de médicos argentinos al ocurrido en Filipinas: la mayoría de los médicos argentinos que emigraban a los EEUU procedían de la ciudad de Buenos Aires, mientras que la población rural tenía poca atención médica. Igualmente, como la inversión de compañías latinoamericanas en la ciencia es baja, y el mercado académico crece lentamente independientemente de disciplina, la generación de empleos científicos tiende a ser lenta, y a verse más afectada por cambios económicos que en los Estados Unidos.

La difícil practica de la ciencia en el tercer mundo

La emigración de científicos, o la fuga de cerebros, también se refiere como la transferencia reversa de la tecnología.¹⁶ En vez de difundirse al país recipiente de menor nivel, la difusión ocurre en dirección contraria, hacia el país originador. Es decir, las nuevas tecnologías no se trasladan a países

pobres, sino que los países carecientes de esta tecnología exportan sus pocos científicos hacia aquellos con una sobreabundancia de estas, así exacerbando las diferencias económicas ya existentes entre los países desarrollados y los subdesarrollados.

Muchos consideran la transferencia reversa tecnológica como un robo al país de su capital humano. Una parábola africana sobre un hombre al que se le ha provisto con toda la comida de una aldea para que busque más comida para esta ilustra la idea. En vez de regresar con una mayor cantidad de alimentos, la usa para egoísticamente escaparse. Al no regresar, este traiciona a aquellos que lo habían ayudado; la inversión pública y colectiva se desvanece con la migración del individuo. No obstante, aunque el cuento es emotivamente sugestivo, la realidad es más complicada de la que la simple parábola sugiere.

La práctica de la ciencia en el Tercer Mundo no es la misma que la de los países desarrollados. Un sinnúmero de obstáculos la hacen difícil y ardua. No se valoriza la ciencia como institución, y esta no tiene el mismo nivel de prestigio social. Existen menos recursos, menos contactos internacionales, al igual que menos reconocimiento por el mundo externo. La mayoría de las revistas científicas latinoamericanas, por ejemplo, no son leídas con la misma frecuencia o seriedad que la *Physical Review*. El mercado para estas ideas simplemente es pobre, tanto afuera de la nación como dentro de ella. Si un científico quiere hacer una contribución a la ciencia mundial, en la mayoría de los casos, este va a tener que emigrar al exterior para mejorar las posibilidades de su éxito. Si elige emigrar, no lo hace por traición a su patria sino por amor a la ciencia.

La pobre economía produce efectos multiplicadores negativos con repercusiones a través de los diferentes niveles y etapas de la investigación científica.¹⁷ Como la mayoría de los ingresos científicos en los países subdesarrollados provienen del exterior, estos son por su naturaleza inherentemente inestables y fuera del control del gobierno local. El salario es tan bajo, que los científicos se ven forzados a buscar trabajo fuera de las universidades y lejos de las disciplinas en las cuales se han especializado. En el Perú, por ejemplo, un nuevo empleado no-adiestrado gana un 1/4 del salario de un profesor que lleva enseñando casi veinte años. La dedicación al trabajo no necesariamente implica la remuneración adecuada a medida que el científico va adquiriendo experiencia, una tendencia diferente a la que ocurre en EEUU. También se puede señalar que el trabajo diestro tercermundista tiende a ser consumido por cantidades excesivas de enseñanza; alrededor de 80% de profesores en las naciones subdesarrolladas pasan entre 40 y 60 horas a la semana enseñando. Obviamente esto le quita tiempo para poder investigar, escribir, o simplemente pensar.

Otros problemas tienen que ver con recursos infraestructurales. El número de técnicos en tales naciones es bajo y, por lo tanto, no existe el volumen de personal adecuado para proveerle al científico la ayuda requerida.

Rodrigo Fernós

Mientras que las proporciones en los países industrializados es alrededor de un técnico por cada científico, existen entre 6 a 3 científicos por cada técnico en los países subdesarrollados. En la Universidad Autónoma de México, unos 314 técnicos practican para unos 1,885 científicos. Las universidades en si son instituciones nuevas en los países subdesarrollados. La primera universidad en la India se estableció en 1857, y en el África en la década de 1950. Aunque se estableció tempranamente las universidades en América Latina, durante el principio del periodo colonial, no fueron ejes de actividad innovadora. Su caso se analizará más adelante.¹⁸

Pero quizás el mayor problema que existe es en la poca valorización de la ciencia y los científicos que la practican. Ni la sociedad ni sus partícipes científicos se percatan que la labor científica es una cultural, que por ende conlleva comunicación y socialización. Cuando Bailey K. Ashford, médico estadounidense que residía en Puerto Rico, viajó a Brasil a principios del siglo XX, observó grandes cuartos con maquinaria impresionante—pero sin uso. No son los microscopios y las computadoras que hacen descubrimientos científicos sino las personas que las utilizan, punto redundante pero necesario en mencionar. Parecidamente, la asociación de colegas y el compartir de información y observaciones son actividades culturales científicas no comúnmente vista en América Latina, previamente señalado. Los índices de cooperación de la región no son muy destacados. Las erróneas asunciones sobre los requisitos de ciencia innovadora conduce a muchos sobreestimar la calidad y estructura de la ciencia local. Si la ciencia no opera como cultura viva y activa en una sociedad, tendrá poca oportunidad de destacarse internacionalmente.

Conclusión

Afortunadamente, el problema de la fuga de cerebros no es uno muy significativo en América Latina. El porcentaje que emigra tiende a ser bajo, no solamente en términos de la nación recipiente, casi siempre los Estados Unidos, sino también en el contexto nativo. Es decir, el porcentaje de científicos latinoamericanos que deciden emigrar de su nación, al igual que el porcentaje que estos representan en la nación recipiente, es bajo.

Como se ha visto, las razones para esta emigración son complicadas y no se pueden atribuir solamente a factores económicos; el “homo científicus” no es solamente un “homo economicus”. Una comparación entre la tensión estructural y los niveles actuales de emigración científica no resulta en una correlación directa y lineal, aunque contribuye a la explicación de fenómeno. Irónicamente, los países más desarrollados de la región han predominado en su aportación a la migración científica, y aun en 1997, el patrón permanecía igual: México (35,000) , Argentina (10,900) , Perú (9,200).

La relación entre la economía y la emigración no puede simplificarse; factores sociales—psicológicos y políticos—juegan un papel tan importante

como los factores económicos. La Revolución Cubana, obviamente tuvo un gran impacto muy en la migración científica de esa nación. Aun en 1997, 29,000 estudiantes de origen cubano recibieron doctorados en el campo de la ciencia, en comparación con los 35,000 estudiantes de origen mexicano. La motivación de querer contribuir a la ciencia universal también ha sido tan importante como los factores económicos, como evidencia estudios de los científicos argentinos. Que un científico emigre puede ser tan positivo para el individuo como para la nación que el representa, y no debería de caracterizarse con las connotaciones negativas sugeridas por el cuento africano. Los ideales universales que caracterizan a la ciencia motivan al científico al igual que su prosperidad financiera. Su sentido de identidad científico lo ata y le provee compás a través de las decisiones más importantes de su vida.

Capítulo 3

LAS MINORÍAS HISPANAS EN LA CIENCIA NORTEAMERICANA

*La demografía no es el destino.*¹⁹
—Roberto Suro

En el estudio de la historia, siempre hay que hacer distinciones. No se puede asumir que las características del grupo identifican al individuo al cual este pertenece. Aunque rasgos estadísticamente determinados ayudan a proveer una imagen del comportamiento del grupo en su totalidad, esto no significa que aplican a todos los individuos que lo constituyen. No todos los puertorriqueños son mulatos con poca educación y tendencias violentas que viven de la asistencia económica—una imagen tan predominante en la percepción estadounidense que posiblemente explica el éxito anómalo de Ricky Martin y su “Vida Loca”. La percepción mayoritaria se apodera de la minoría, creando una tiranía intelectual fortalecida por la estadística y por historiadores de pensar letárgico. Tal pensamiento no se diferencia del prejuicio, tan impreciso como lo es perjudicial.

Parecidamente, no todos los hispanos dentro de Estados Unidos son iguales. Aunque todos comparten un mismo origen proviniendo de previas colonias españolas, y por lo tanto comparten una cultura con rasgos parecidos, existen diferencias substanciales y significativas entre estas. El término “hispano” no se puede usar para referirse a un grupo homogéneo porque simplemente no lo es, como cualquier puertorriqueño o hondureño puede fácilmente señalar. Aunque en promedio los hispanos tienen tasas de educación e ingreso bajos, tampoco se puede asumir que todos los grupos hispanos tienen estas características en conjunto. Las cifras de educación y participación científica para los mexicanos, cubanos y puertorriqueños son muy diferentes entre sí.

La educación científica estadounidense en el contexto mundial

A pesar del poder científico de Estados Unidos, la calidad interna de su base ciencia no es particularmente sobresaliente. Es menor de lo que uno se imaginaría, con respecto a su demográfica educacional. Hasta se podría decir que es algo mediocre.

Si comparamos la puntuación de estudiantes norteamericanos al nivel de escuela elemental y secundaria en el *Third International Mathematics and Science Study*, se puede observar que su conocimiento de la ciencia y las matemáticas es promedio en relación con otros países. Estudiantes de octavo

grado en el Japón y Checoslovaquia entienden substancialmente mejor las ciencias y las matemáticas, con una puntuación de 600, en comparación con la puntuación de 500 para los estudiantes estadounidenses. Las cifras estadounidense disminuye a medida que avanza la carrera académica al nivel postsecundario. La cantidad de estudiantes que luego logran obtener un bachillerato en las ciencias es menor que la de otras naciones; otra vez, su cifra es promedia y no sobresaliente. Mientras que el 5.5% de los estudiantes estadounidenses obtienen bachilleratos en las ciencias, la cifra es casi el doble para Inglaterra (10%) o Corea del Sur (9%).

Estas cifras nos indican que la ciencia, como cultura interna de los Estados Unidos no es muy elevada. Aunque la alta cifra de la producción científica de los Estados Unidos en comparación con sus pobres estadísticas educacionales internas parece como una contradicción, es fácilmente explicado. Se debe a que un porcentaje significativamente alto de estudiantes doctorales en las ciencias provienen del extranjero. Desde la Segunda Guerra Mundial, la tasa de participación local al nivel doctoral ha bajado substancialmente, alimentadas por estudiantes graduados del extranjero. Estos han suplido una demanda interna de personal científico no provista por la población nativa, anglosajóna, o minoritaria, de los Estados Unidos. Un 38% de los doctorados en la ciencias fueron otorgados en 1992 a estudiantes del extranjero, aproximadamente el doble de la que existía a mitad del siglo XX.

Estas cifras no necesariamente deberían de verse en forma negativa. Aunque no hay duda de que la educación científica a nivel elemental y secundario podría mejorar, se puede observar también que la cultura académica estadounidense es simplemente diversificada. Los estudiantes estadounidenses se han distribuido más equitativamente a través de todas las disciplinas académicas, sin conglomerarse dentro de una en específico. Las ciencias sociales, o aquellas que nos ayudan a entendernos unos a otros, tan abandonadas relativamente por la cultura asiática, prospera en los Estados Unidos. En otras palabras, existe un tipo de igualdad en esta cultura académica, sin que ninguna disciplina domine demográficamente a las demás.

Minorías hispanas en la ciencia estadounidense

Es lamentable notar que las minorías hispanas tienen bajos niveles de éxito académico a través de los varios niveles educacionales. El fenómeno lamentablemente no se limita a la ciencia. Irónicamente, a pesar de haberse establecido cuotas mínimas por el gobierno estadounidense de participación minoritaria al nivel postgraduado, muchos hispanos no han aprovechado las oportunidades académicas que se les han ofrecido, quizás parecido al rechazo de la exportación industrial latinoamericana después de la Segunda Guerra Mundial, periodo de tremenda expansión comercial al nivel internacional. En vez de llegar a ocupar un alto nicho académico, como la física al nivel doctoral

Rodrigo Fernós

formado después de la posguerra, las minorías hispanas se lo cedieron a estudiantes del extranjero asiático.

El nivel de dedicación y disciplina que caracteriza la primera generación de padres inmigrantes hispánicos no se transfirieron a sus hijos, acculturados dentro del ámbito cultural afro-Americano estadounidense. Estas segundas generaciones de hispanos son más propensos a abandonar la escuela a una edad temprana, a tener bajas notas académicas a nivel secundario, a no escoger la ciencia como carrera universitaria, al igual que incurrir en deudas más altas cuando asisten a escuelas graduadas. En este sentido, sus niveles académicos son parecidos a los de los afroamericanos, mientras que las cifras de las minorías asiáticas son parecidas a la de los anglosajones.²⁰ Estas estadísticas implican a un menor futuro ingreso para las minorías hispanas en su totalidad, al igual que una menor contribución directa a la ciencia, particularmente al nivel internacional.

Si se compara la tasa de los diplomas científicos otorgados las minorías hispanas con las del cuerpo estudiantil extranjero, es sorprendente la rápida disminución de la minoría hispana. Aunque se podría excusar la tendencia hispana al alegar que su contorno general refleja el asediado curso académico, o lo que se refiere como el efecto embudo, solamente ayuda a destacar la perseverancia y disciplina del estudiante extranjero en los Estados Unidos.²¹ Las cifras comparativas demuestran que el bajo porcentaje de estudiantes hispanos en la ciencia se mantiene constante a través de las diferentes etapas académicas, mientras que la de estudiantes del extranjero aumenta drásticamente. Aunque el número del segundo (extranjero) se mantiene relativamente constante, este aumenta porcentualmente debido a la drástica disminución total de estudiantes en los altos niveles académicos.

Específicamente, el total de todos los estudiantes se redujo de unos 180,000 a 7,000 desde el bachillerato hasta el doctorado, mientras que la tasa del estudiante extranjero se mantiene alrededor de 4,000 a través de las mismas. Inversamente, el relativo declive de la tasa del estudiantil hispano constituye porcentajes mucho más significativos del total, a pesar de que esta consista de un número relativamente pequeño.²² La tasa de todas las minorías se reduce de 30,000 a 500.²³ La falta de interés por la ciencia del estudiante hispano es obvia y triste. Es algo sorprendente que patrones similares se puedan observar a niveles educacionales elementales; la educación parece tener un amargo sabor.

En 1991, el 35% de hispanos no tenían diploma de escuela secundaria, en comparación con un 9% para la población anglosajona. Estas cifras aumentan drásticamente en ciertos estados. En 1971, un 80% de los hispanos no terminaron la escuela secundaria en Texas y un 74% en California. Los hispanos también son más propensos a una deserción escolar al nivel universitario; solamente la mitad de los que empiezan la universidad obtienen su bachillerato, quizás una cifra favorable cuando se considera que solamente

el 36% de los afro americanos lo completa. Similarmente, aquellos hispanos que empiezan a estudiar ciencias a nivel universitario son mucho más propensos a cambiar de disciplina o a simplemente no terminar su bachillerato, un 27% y un 24% respectivamente. Los asiáticos y anglosajones son más perseverantes, con casi un 50% que terminan sus estudios universitarios en las ciencias; solamente un 12% escogen otras disciplinas no relacionadas a las ciencias.

Los hispanos también tienden a destacarse menos en sus estudios; “sobresalen” por su baja puntuación académica. La *National Assessment of Educational Progress (NAEP)* encontró que el número hispanos en cursos científicos a nivel secundario que cumplían con los mínimos requisitos disminuía a medida que cursan sus estudios, de un 30% a la edad de 13 años a un 25% a los 17 años. Aunque el cambio era mayor para el grupo anglosajón, de un 70% a un 60%, las mayores tasas absolutas se destaca en comparación con la hispana. De igual modo, el porcentaje hispanos que tomaban ciencias difíciles a nivel secundario eran substancialmente menor que la de otros grupos, como los anglosajones y los asiáticos. Mientras que todos los grupos tomaban cursos básicos en la ciencia general y biología, solamente un 45% de los hispanos tomaban química, un 15% física, y un 5% el cálculo. Los porcentajes para los estudiantes asiáticos, en comparación, eran de 68%, 47% y 25%, respectivamente.

Algunos quizás contra-argumentarían que las bajas cifras de los hispanos en la ciencia, o la educación en general, se debe a su reducido porcentaje poblacional. En el 2000, la población hispana igualaba a unos 40 millones ciudadanos, mientras que la anglosajona llegaba a casi unos 200 millones. Por lo tanto, se alegraría que la baja participación de los hispanos en las ciencias refleja su bajo porcentaje total de la demografía norteamericana. Desafortunadamente, el caso es peor al tomar estas cifras en consideración debido a que la primera tasa, la participación hispana en las ciencias, está por debajo de su tasa demográfica. Mientras la primera da un total de unos 8%, la segunda aproxima uno 12%. Los hispanos no están adecuadamente representados en las ciencias.²⁴ En comparación, la alta representación de los asiáticos en las ciencias relativo a su porcentaje demográfico le da tremenda influencia en la vida científica, al igual que un estatus económico, en la nación estadounidense.

Tristemente, la disminuyente participación hispana en la educación general conlleva una igualmente disminuyente participación en el entrenamiento científico. No se restringe al campo de las ciencias sino es una tendencia general de este cuerpo estudiantil. Por razón que sea, los hispanos demuestran una antipatía a la educación avanzada. Sus implicaciones son sumamente negativas para la comunidad. Como veremos, la baja tasa de participación académica tiene un severo impacto sobre la participación hispana en la economía estadounidense. El no estudiar implica la pobreza para la mayoría de hispanos—peor aun para la ciencia.

La pobreza entre las minorías hispanas

¿A quién nos referimos cuando usamos el término “hispano”? Como se menciono antes, no todos los hispanos son iguales. Es decir, la participación académica y económica entre las diferentes minorías hispanas varía grandemente. No todos estos han sido afectados por las mismas condiciones en su migración a los Estados Unidos.

El termino “hispano” se refiere principalmente a la migración mexicana que constituye la mayor parte de estos. En el 2000, de los 32.8 millones de hispanos, un 66% era de origen mexicano. Otros dos grupos que se destacan por su tamaño demográfico son los puertorriqueños, con un 9% de la población hispana y los cubanos con un 4%. Desde la década de 1970, el porcentaje de la población estadounidense de origen mexicano ha aumentado de manera exponencial.

El “hispano”, por lo tanto, tiende a ser definido en la mentalidad norteamericana por las características de la población de origen mexicano debido a que esta constituye el por ciento más alto de tal población. Las características del grupo que le sigue en tamaño, el puertorriqueño, también ayudan a definir su imagen, particularmente cuando estos comparten las mismas características. Como estas dos poblaciones tienden a tener bajos niveles de educación, ocupar trabajos que requieren poca destreza y a ser pobres, se les otorgan, conscientemente o inconscientemente, estas mismas características al grupo “hispano” en los Estados Unidos. En 1996, el 43% de los hispanos fueron clasificados como pobre. Que la tasa porcentual de los dos grupos, puertorriqueño y mexicano, suman a un 75% significa que, para el anglosajón norteamericano común, el hispano es pobre, así otorgándole la percepción su baja posición social como colectivo.

Es importante notar algo sobre la pobreza de estos dos grupos. En comparación con la minoría afroamericana, que generalmente tiende a tener bajos niveles de participación laboral, la mayoría de los mexicanos americanos trabajan, un 85%. En otras palabras, los mexicanos no son pobres por “vagancia”, sino por su poca educación y bajos niveles de destrezas avanzadas.

²⁵ Otro problema que han tenido es que las segundas generaciones, los hijos de los inmigrantes que nacieron en los Estados Unidos, han forjado una nueva subcultura, negativamente influenciada por ciertos elementos de la sociedad estadounidense. Estas segunda generación han obtenido valores que rechazan la labor, la educación y la auto-disciplina, algo que le ha ocurrido tanto a los mexicanos de California como a los puertorriqueños en Nueva York. Por lo tanto, en vez de tener un progreso constante a través de las generaciones como típicamente ha sucedido con las migraciones europeas en la primera mitad del siglo, se ha visto un empeoramiento a través de las generaciones hispanas, una anomalía en la experiencia norteamericana.

La pobreza del puertorriqueño se debe en parte a sus circunstancias. El pobre nivel de educación durante el periodo colonial español dio a una población de pocas destrezas. Aunque 1865 fue la primera vez que la educación al nivel primario se hizo compulsoria, la falta de recursos—bajos números de maestros, pobres facilidades, y pobres carreteras—significó que tal legislación sería un mero gesto social. Solamente 10% de los niños iban a la escuela a principios del siglo XX. El. Los pocos incentivos sociales hacia la participación educacional—la educación no era medio de movilidad social—fomentó en Puerto Rico periodo colonial español una cultura que no varolizaba la educación, rasgo cultural que predomina las clases menos afortunadas de la isla.²⁶

La entrada colonial estadounidense mejoró la situación al establecer carreteras y unas 800 estructuras para el espacio educacional. Pero su temprana política de imposición lingüística, el inglés, crearía grandes problemas para un aprendizaje apropiado, problemática que aún existe hoy día. La tasa de analfabetismo en la isla en 1915 era de un 70%.²⁷ En énfasis de la nueva administración naturalmente fue en mejorar los niveles básicos de la educación.

Aunque se estableció la primera universidad de la isla, la Universidad de Puerto Rico en 1903, esta no fue centro de investigación sino un centro de pedagogía. Aún en 1967, solamente la mitad de los estudiantes rurales asistían a la escuela, cifra parecida a la de los puertorriqueños en Nueva York, en el cual solamente 12% asistían a la escuela a mitad de siglo. Vemos el continuado patrón en épocas recientes, en el cual la tasa de deserción escolar era de un 50% al nivel secundario hace unos pocos años. El cobarde robo de \$ 4 millones por el Secretario de Educación Víctor Fajardo en la década de 1990 fue un duro golpe a un sistema ya débil por su propia cuenta.

Pero la particularidad de las características económicas del puertorriqueño en los Estados Unidos se debe, también al hecho que este emigró a una región donde los trabajos industrializados se estaban desvaneciendo, trabajos de poca destreza pero con sueldos altos.²⁸ Durante la primera etapa migratoria, en los años 1950, la comunidad comenzaba a prosperar. Se estaban desarrollando unos negocios y tiendas pequeñas de índole microempresarial. Pero, a medida que las industrias manufactureras estadounidense se fueron relocizando a países del Tercer Mundo y las grandes ciudades como Chicago, Detroit y Nueva York perdieron sus trabajos *blue collar*, la emergente movilidad económica y social del puertorriqueño decayó severamente. Si en 1960, el ingreso del grupo era un 2/3 del promedio de la ciudad, para 1990, el ingreso se redujo a la mitad del promedio neoyorquino. En 1998, el puertorriqueño era el grupo étnico con los niveles más altos de desempleo, SIDA y asistencia federal.²⁹

El caso del Cubano fue algo diferente.

La diferencia cubana

El éxito de la migración cubana no se puede explicar solamente por el mito de su carácter “judío”, trabajador y juicioso con el uso de dinero. Todas las primeras comunidades hispanas trabajaron arduamente, como hemos visto en el caso del inmigrante mexicano. Por lo tanto, no podemos usar un factor interno, tal como un rasgo cultural, como la única explicación del fenómeno. Existieron otras causas, infrecuentemente discutidas.

El éxito económico de la migración cubana se debe, en gran parte, al apoyo que este recibió del gobierno norteamericano. La comunidad cubana que emigró inmediatamente después de la Revolución Cubana de Fidel Castro en 1959 recibió más apoyo y tuvo más condiciones favorables en los Estados Unidos que cualquier otro grupo inmigrante en la historia estadounidense. La combinación de estas condiciones externas junto con el hecho de que el grupo tenía altos niveles de educación y una ética laboral, dieron al éxito económico sobre moderado con los ingresos más altos que cualquier otro grupo inmigrante, hispano o no-hispano. En 1990, el 25% de los cubanos ganaban más de \$50,000 al año.

La asistencia federal estadounidense al grupo cubano fue otorgada por múltiples vías. El programa de relocalización cubana invirtió unos \$1.5 billones en ayuda a unos 486,000 cubanos. De igual modo, la *Central Intelligence Agency (CIA)* construyó las sucursales más grandes fuera de Virginia en Miami. Se invirtieron unos \$2 millones para su estudio de Cuba con un sinnúmero de trabajadores cubanos. Otros factores externos, tal como la dinámica del mercado de bienes raíces, contribuyeron al alto estatus económico, político y social del cubano. Desafortunadamente, los cubanos han tendido a no a ser igualmente de caritativos con otras recién migradas comunidades hispanas.

Conclusión

Las poblaciones hispanas que han emigrado a los Estados Unidos han tendido a ser pobres con bajos niveles de educación y pocas destrezas avanzadas. No podemos hacer conclusiones basadas en estos grupos sobre la calidad de ciencia en sus países de origen porque estos en su promedio consistían de la fuerza labora de poca destreza de su país, a pesar de que existe una correlación entre las dos cifras. Lo que sobresalta de la historia del emigrante hispano es que, con la excepción del cubano, se ha mantenido pobre a través de varias generaciones en vez de mejorar su situación como, por lo general, ocurría con el inmigrante europeo durante la primera mitad del siglo XX. En otras palabras, el pobre de América Latina emigró solamente para ser pobre en los Estados Unidos.

Quizás el problema más grave ha sido que, con la excepción de los cubanos, la mayoría de los hispanos no han aprovechado las oportunidades

educativas en los Estados Unidos, oportunidades que ciertamente no tienen en sus países de origen. Si se hubiesen esforzado académicamente como los asiáticos, no solamente hubiesen mejorado su situación económica sino que también hubiesen contribuido nombres hispanos a las listas de científicos destacados. En vez, lo que hemos visto ha sido lo contrario: la valorización del mundo fácil donde el dinero no se hace por el trabajo persistente y enfocado sino por operaciones ilegales y inherentemente erráticas. Podemos decir que demasiados hispanos han adoptado los peores rasgos culturales de la cultura estadounidense, definida en la percepción hispana por la música y el habla. La ciencia y la tecnología no se han hecho parte de su concepción del “otro” estadounidense—elementos menos obvios al nivel popular y, por lo tanto, más difícil de adquirir. Estos fenómenos culturales han contribuido a la pobreza cultural y económica del hispano en Estados Unidos.

Capítulo 4

FOCOS DE CIENCIA REVOLUCIONARIA: LOS PREMIOS NÓBEL

*Nacimos en el mundo hace mucho tiempo.
En el principio sabíamos nada de la fuerzas que
nos rodeaban.
Pero a través de estos millones de años el
cerebro human ha estado atacando esa
ignorancia
Acumulando conocimiento difícil de obtener.
Esta es la más grande aventura de la humanidad:
Descubrir algo que no se entendía o sabía
antes...*³⁰

—Irving Stone

Factores Personales

¿Cales son los factores que favorecen la creación del científico exitoso?

Santiago Ramón y Cajal, ganador del Premio Nóbel de España por su trabajo en la neurología, observó que uno de los factores que había facilitado su ciencia fue tener una buena esposa. Ciertamente, al nivel personal, el o la compañero del científico(a) tendrá un impacto en el éxito de su investigación. A medida que el o la compañera contribuya a los quehaceres cotidianos y alivie la carga de responsabilidades del día-a-día, permitirá al investigador tener mayor tiempo para investigar. Inversamente, un compañero(a) puede exacerbar las dificultades al tomar atención excesiva o al aumentar la carga de responsabilidades cotidianas.³¹ Los altos costos de ser madre explica la baja incidencia histórica de las mujeres en la ciencia, aunque no completamente. Aunque tener un(a) buena(o) compañero obviamente no garantiza un Premio Nóbel, es un factor que puede afectar grandemente la investigación. Pero hacer una buena decisión nupcial, como sugirió Ramón y Cajal, no es el único factor.

Existen una gran cantidad de otros factores personales que contribuyen al éxito científico, tal como el nivel natural de ansiedad psíquica, que varía grandemente entre los individuos. Algunas personas tienden a ser más nerviosas que otras. Se ha encontrado una curva gaussiana en la relación entre la ansiedad y la productividad académica, demostrando en este caso la “ley de promedio” de Aristóteles. Los extremos, un nivel excesivamente bajo o uno excesivamente alto de ansiedad, disminuyen esta productividad,

mientras que una porción saludable de ansiedad promedia constituye un factor positivo a la misma. A manera que la ansiedad va aumentando desde un bajo punto inicial, la productividad incrementa proporcionalmente; pero llega un punto donde la ansiedad aumenta excesivamente y la relación se invierte. Una conclusión deducida de este hallazgo es que éxito al nivel subgraduado, en el cual existe un ambiente rígidamente estructurado, no es necesariamente una buena indicación del éxito al nivel graduado, en el cual la actividad independiente es de mayor importancia.

Estudios hechos por Dean Simonton sobre la psicología del genio científico demuestran cuan amplias son las condiciones personales del éxito. La edad entre profesor relativo al estudiante graduado no puede ser muy distante o muy cercana para que esta sea productiva. Si el profesor es muy joven, existe demasiada competencia entre ambos, pero si el profesor es muy maduro sus ideas están ya firmemente establecidas y no va a estar tan susceptible a nuevos conceptos. Padres quienes crearon un hogar enriquecido, llenos de libros y/o eventos culturales, tienen mayor probabilidad de tener hijos destacados científicamente. El patrón de nacimiento, el haber sido el primero, segundo, o tercero en nacer, tiene un impacto en el carácter de su investigación. Algunos estudios encuentran que los primeros hijos tienden a ser más conservadores y destacados científicamente, aunque otros encuentran que los últimos crean ideas revolucionarias al tender a ser más radicales.

Pero estos hallazgos no se encuentran en un vacío. Existen tendencias de productividad en la vida de los individuos sin lazos causales a factores personales. Se ha encontrado diferentes edades de productividad en cada campo, dependiendo del tiempo que requiere dominar las destrezas envueltas o las tecnologías requeridas. Mientras que campos como la matemática demuestran picos a temprana edad (a los 20 años de edad), otros campos como química o la astronomía maduran más tardíamente (30 años de edad). Podemos notar también que se generan patrones “histórico-circunstanciales”, análogos al momentum tecnológico.³² En cualquier año, 35% de todos los artículos científicos no son citados, unos 49% son citados una vez, 3% tres veces y un 1% cinco veces. Los líderes científicos reciben atención excesiva, mientras que la gran mayoría de otros reciben poca atención, lo que promueve la actividad intensa de dicho liderazgo.³³ Finalmente, notemos que la mera productividad de un individuo decae con el tiempo, en lo que se refiere como el principio de Planck. Es decir, a medida que la carrera de un científico madura, las publicaciones de este tienden a decaer en número, mientras que sus posiciones administrativas y responsabilidades no-intelectuales aumentan. Ciertamente, existen las excepciones. Algunos investigadores siempre van a tener una alta cantidad de publicaciones a través de sus vidas.

Pero lo importante en destacar es que el uso único de estos factores personales demuestran una falla de análisis comúnmente vista en América Latina: no todo depende del individuo. El individuo no opera en un vacío,

Rodrigo Fernós

sino en varios grupos sociales. El científico es miembro de una institución, de una universidad, de una cultura, de una nación, y de un mundo internacional. Cada una de estas esferas concéntricas afectan, tanto positivamente como negativamente, la actividad del individuo. Problemas de organización institucional, inestabilidad política al nivel nacional, o las guerras con otras naciones tienen un gran impacto al éxito de todos los científicos. Por lo tanto, el asumir que todo problema científico depende de las fallas personales del individuo es alegar un aseveración crasamente circunscrita, tema demostrado claramente en la otorgación de los Premios Nobel.

Premios Nobel

La distinción de recibir el Premio Nobel se reconoce hoy día como el mayor galardón científico al nivel mundial. El premio otorga un indudable reconocimiento sobre el merito del individuo y sus descubrimientos, que confiere no tan solo grandes cantidades de dinero, sino un enorme número de oportunidades. El premio aumentó drásticamente durante el último cuarto del siglo XX. Para el año 2003, este sumó unos \$13 millones; aun compartido entre dos o tres personas, resulta ser una grande suma. El que recibe dicho premio tiene su vida y reputación asegurada por el resto de sus años—lo que conduce a algunas personas de dudable estabilidad mental alegar que han sido nominados para el mismo cuando claramente no lo fueron.³⁴ No se puede saber quien ha sido nominado por un periodo de 50 años.³⁵

Al morir en 1895, Alfredo Nobel no dejó detalladas instrucciones sobre lo que hacer con su vasta herencia, excepto dársela a los científicos que habían hecho los mayores logros benéficos para la humanidad. Los importantes pormenores de cómo distribuir el dinero y establecer los criterios de evaluación y organización fueron establecidos por un cercano y reducido grupo.³⁶ Estos dividieron los premios en unos pocos campos básicos (5), y se le otorgaría en vida a la persona con los logros más destacados en los últimos años.³⁷ Dos instituciones estaría involucradas: el Comité Nobel y la Real Academia de Ciencias de Suecia. El comité supuestamente tendría una función relativamente pasiva, el de escribir reportes sobre las nominaciones, mientras que la Academia y previos ganadores tendrían la función activa en nominar candidatos.³⁸ La institución al principio tuvo serte en tener una batalla muy limitada con la familia Nobel sobre la herencia, mientras que las grandes figuras de la ciencia fácilmente fueron otorgados los primeros premios al tener indudables logros quienes todos querían reconocer. Pero rápidamente surgieron problemas que demuestran la politización existente de un premio considerado no-politizado en la imaginación popular moderna.

El resultante de los inevitables choques políticos es que la Institución Nobel no siempre ha otorgado una medalla al que se lo merece y no siempre se ha obviado en otorgársela al que no se la merece. Conflictos institucionales

entre las universidades de Uppsala y Estocolmo, una tradicional y enfocada al experimentalismo mientras que la otra era más moderna y con mayor afinidad hacia el trabajo teórico, afectó el proceso. A veces pobres candidatos que habían recibido solo una nominación ganaron, mientras que aquellos con grandes cantidades de nominaciones tardaron años en recibir el distintivo galardón. Perdiendo auge y reputación, se sugirió mover la fecha del evento del día de la muerte de Alfredo Nobel en el medio del frío invierno al placentero verano, que facilitaría el viaje cuyos ganadores tendían a ser internacional. Problemas más serios la afectarían.

La Primera Guerra Mundial demostró cuán poco internacional podría ser el carácter institucional de la ciencia. En Octubre de 1914, unos 93 científicos alemanes, incluyendo el reconocido Max Planck, firmaron un infamoso manifiesto alegando que la actividad bélica de Alemania era necesaria para la expansión de una cultura que había demostrado ser la superior del mundo. Aunque Planck se arrepintió gravemente de este acto, el incidente fue un recordatorio que no todas las esferas sociales concéntricas en que opera el hombre tenían el interés mundial en mente. Hubo un conflicto entre aquellos en la Institución Nobel quienes se oponían a otorgar una medalla durante tiempos de guerra, argumentando claramente que tal acto afectaría la imagen benéfica y neutral del comité, mientras que otros, de carácter filio-alemán, argumentaban débilmente que no se debería de abandonar el premio por las circunstancias.³⁹ Al ser un país neutral durante los conflictos bélicos, la medalla también podría negativamente alterar las relaciones internacionales del país, empujándola a que se convirtiera en un botín de guerra. Otros, queriendo que estos fondos fueran a instituciones científicas de Suecia, también se opusieron al otorgamiento de la medalla. En fin, se decidió no otorgar la medalla durante los últimos años de la guerra, una guerra que se pensaba duraría solo meses en su principio.

El caso del ganador Nobel Svante Arrhenius demuestra la complejidad del proceso, y la dificultad de otorgar “culpa” a un campo u otro cuando la institución Nobel no actúa de acuerdo a los estándares altos a los que se compromete.

Como uno de los fundadores de la fisicoquímica, Arrhenius había confrontado el tradicionalismo positivista de la Universidad de Uppsala. El carácter teórico de su tesis se percibía de poca importancia por los “arzobispos” de Uppsala, quienes requerían estricta concordancia con sus creencias—problema típicamente encontrado en las humanidades y ciencias sociales. Los arzobispos alegaban que la física estaba casi terminada.⁴⁰ Aunque Arrhenius pasó sus exámenes de tesis, sus profesores de Uppsala le otorgaron una baja nota, significando que no podría obtener una posición en las universidades del país. El provincialismo académico de las naciones pequeñas parecía haber ganado.

Afortunadamente, Wilhelm Ostwald en Alemania reconoció la valor del trabajo de Arrhenius y le concedió una posición académica. Cuando se

Rodrigo Fernós

fundó la nueva universidad en Estocolmo por la emergente clase industrialista años después, Arrhenius finalmente pudo obtener una posición en su país natal. Aunque el cuento “terminó” con un final feliz para Arrhenius, dejó en este un amargo resentimiento con los miembros académicos de Uppsala—un resentimiento que crearía severos conflictos dentro de la institución Nóbel años más tarde. Arrhenius defendería la tradición teórica dentro de la misma, a veces llevándolo a rechazar candidatos cuyos claros logros eran obviados por mera consideración de los individuos que los propiciaban. Al crearse una división polar entre estos dos bandos, el resultado a veces tendía a ser un compromiso pobre al final de una larga batalla institucional. El peor candidato ganaba porque las mejores alternativas habían sido atacados por los oponentes del campo opuesto; el mérito absoluto se echaba por la borda mediante el proceso político.

El Premio Nóbel no es un perfecto premio, sino un indicador general de algunos de los logros concebidos como los más destacados de su generación. Sus dioses tienen rasgos muy humanos.

Bernardo Houssay y Luís F. Leloir

América Latina también ha sido incluida en esta familia de galardones, a pesar de las imperfecciones que existen en el proceso de selección. Solo tres premios Nóbel científicos han sido otorgados, todos estos a una sola nación: Argentina. Los ganadores han sido Bernardo Houssay (1947), Luís Federico Leloir (1970) y Cesar Milstein (1984).⁴¹ ¿Cuál fue secreto de su éxito? ¿Reside en el ámbito personal, nacional, cultural o internacional? Podemos obtener algunas respuestas en sus historias.

Era muy obvio desde temprana edad que Houssay (1887-1971) era un niño brillante y sobredotado. Prefería leer que jugar con otros niños, y retenía todo lo que leía como una esponja. Proviendo de una familia francesa de 7 hermanos, decidió independentizarse a una temprana edad, logrando un título médico a la los 23 años en 1911, el mismo año en que el reconocido Florentino Ameghino muere. Pero había decidido la ruta de su vida mucho antes. Después de leer el famoso libro de Claude Bernard, decidió entrar al campo de la investigación científica de la fisiología. Un sinnúmero de perro y gatos lamentarían su entrada.⁴²

Antes de que fuese otorgado el Premio Nóbel, era claro que Houssay era un líder científico en Argentina, y que este era reconocido como tal por sus colegas argentinos. El reconocimiento nacional precedió el internacional, y no de manera inversa. Tenía un alto volumen de importantes publicaciones, al igual que numerosos altos honores en dicha nación. Su tesis médica recibió el Premio de la Facultad de Ciencias Medicas por ser la mejor del año. Fue nombrado Jefe de Sección Sueros en el Instituto Bacteriológico del Departamento Natural de Higiene a los 28 años de edad y ya para 1920 recibe los fondos para su Instituto de Fisiología.⁴³ En el mismo año comienza una

sección en Argentina de la Société de Biologie de Francia, la cual se independiza tres años más tarde. A los 35 ya había recibido el Premio del Concurso Nacional de Ciencias de Argentina, luego formando la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias con Horacio Damionovich y otros 15 científicos. Desde una temprana edad adulta, Houssay estaba forjando instituciones de alta calidad científica que grandemente estimularían el diálogo entre los biólogos de la nación y desarrollarían la ciencia nacional.

En su carácter personal, Houssay era un hombre muy estricto y apasionado por la ciencia, tanto que se sus íntimos amigos se preocupaban que nunca llegaría a casarse.

Hoy día, tomamos por dado los logros de Houssay debido al haber contribuido a la resolución de los serios problemas que han plagado a la humanidad en la mayoría de su historia. Por lo tanto, algunos quizás no puedan simpatizar con su motivación y el por qué de su fuerte y agresiva personalidad, caracterizado por algunos como tiránico. La diabetes a principio de siglo XX era análogo al SIDA en la década de 1980—una muerte lenta en que el cuerpo gradualmente se descomponía al no poder procesar la azúcar en la sangre. No tenía cura—excepto el no comer. Miguel Ángel de Marco, amigo farmacéutico de Houssay, perdió a su esposa Ida a la enfermedad. Aunque Charles Best y otros descubrieron la insulina durante la época, no se sabía los pormenores del ciclo energético del cuerpo humano. Houssay, con la pareja Carl y Gerty Cori, recibieron el Premio Nóbel por haber encontrado algunos de los pasos y sustancias involucradas. Mientras que la pareja Cori descubrieron el ciclo Cori (el procesamiento del glicógeno), Houssay descubrió la función de enzimas en la hipófisis, que contrarrestaba efectos negativos de la insulina corporal. Mientras que los Cori se dedicaron el resto de sus vidas en los Estados Unidos a descubrir todos los pormenores del ciclo que habían descubierto, problemas políticos en Argentina despojaron a Houssay de su posición en el Instituto de Fisiología, a pesar de ser una institución privada.⁴⁴ Las circunstancias en la cual vivía Houssay durante el año del premio (1947) explica el tono político de su charla en ese foro. Leloir fue más afortunado.

La similitudes entre este y su mentor, Houssay, solamente resaltan las diferencias que existían entre ambos. A pesar de también venir de una grande familia de 9 hijos, Leloir pertenecía firmemente en la elite de la nación. Nació en Paris debido a que su familia actualmente se encontraban en Francia para un tratamiento estomacal del padre, del cual fracasó. Aunque su tesis de 1934 recibe el Premio de la Facultad de Ciencias Médicas, como Houssay, Leloir inicialmente empezó estudiando arquitectura. Cuando trata de entrar por primera vez a la escuela de medicina, lo rechazan. Leloir casi se da por vencido. De no haber sido por el estímulo de sus amistades, nunca hubiese empezado la carrera. En contraste con la memoria poderosa de Houssay, Leloir reconocía libremente que no lo sabía todo y que recordaba poco. En su carrera temprana, Leloir no se queda en Argentina sino viaja a centros de

Rodrigo Fernós

investigación médica de los Estados Unidos y Europa (Inglaterra), donde adquiere un visible anglicismo lingüístico. En su carácter como líder, Leloir dirige el Instituto Campomar de manera relajada, creando un ambiente de trabajo cómodo que sería visto nostálgicamente por aquellos que participaron en sus comienzos. Si Houssay es verbalmente agresivo y autoritario, Leloir es visiblemente callado y democrático.

A pesar de sus grandes diferencias, Leloir constituye una descendencia científicamente directa de Houssay, cuya carrera estaba firmemente apoyada por su mentor. Cuando viaja a Inglaterra y Estados Unidos, Leloir visita contactos previamente establecidos por Houssay. Durante estas visitas, Leloir adquiere importantes destrezas que contribuirían a su investigación. En 1936 trabaja con el Profesor Sir Frederick Gowland Hopkins en el Laboratorio de Bioquímica en la Universidad de Cambridge. En 1944 viaja al Departamento de Farmacología de la Universidad de Washington (St. Louis) para trabajar con la pareja Cori. Cuando Gerty, la esposa de Carl y aparentemente la más activa del equipo, sufre de una rara enfermedad de hueso que afecta la generación de sangre, Leloir envía su más tristes condolencias.⁴⁵ El mismo Houssay le dijo a Leloir a una temprana edad, que se merecía ganar el Premio Nobel. Se sabe que fue nominado tan temprano como 1958. Al considerar que los ganadores de Premio Nobel pueden nominar a candidatos, es probable que Houssay estuvo detrás del Instituto Nobel para que su estudiante recibiese un premio. Cesar Milstein, quien ganó el premio en 1984, también forma parte de la descendencia intelectual de Houssay.⁴⁶

Factores Nacionales

Si todos los ganadores latinoamericanos del Premio Nobel provenían de Argentina, ¿se podría argumentar que las condiciones nacionales de la nación fomentaron su desarrollo? Nuestra respuesta es que su desarrollo ocurrió a pesar de las condiciones nacionales, no debido a estas.

El científico es afectado por condiciones nacionales, una de las esferas concéntricas que afectan el éxito y reconocimiento del mismo en el ámbito internacional. Aunque se percibe una correlación entre ambos, la nación de Argentina y el premio Nobel, es claro que la primera no constituye una causa del segundo. Todo lo contrario. El autoritarismo o el caciquismo de los gobiernos latinoamericanos han arruinado docenas de carreras científicas productivas. El caso de Houssay, al ser un visible Premio Nobel, solamente resalta lo que es un mayor problema de la región, análogo al iceberg del cual se ve un pequeño pico de una masiva montaña de hielo flotante. Los forzosos e ilegales cambios de gobiernos o los gobiernos de carácter militar y arbitrario han implicado inestabilidad universitaria. Líderes gubernamentales han tomado medidas sin considerar el impacto perjudicial al bienestar de la nación; ignorantemente atacaban al prójimo sin darse cuenta como se herían a sí mismos.

Houssay tuvo suerte al ser levemente afectado por estos durante su carrera productiva cuando era un hombre joven. La subida de Perón al poder ocurrió cuando Houssay era un hombre de relativamente avanzada edad. Este ya había forjado su legado científico y, por lo tanto, no fue tan afectado como lo podría haber sido si hubiesen ocurrido en una época temprana. Poco después que Perón asumió el poder, Houssay y otros científicos argentinos escribieron una carta abierta a la nación para que se hicieran respetar las tradiciones democráticas por el nuevo gobierno, acción que podemos contrastar con el manifiesto de 93 en Alemania. Cada uno de los signatarios argentinos fueron despojados de sus posiciones académicas, acto común en la historia de América Latina. El gobierno de Argentina en 1974 negó haber destituido a Leloir de su posición para evitar un escándalo público cuando, pocos días después, Leloir gana la medalla Nobel. Claramente tratando de evitar el mismo escándalo que ocurrió entre su esposo y Houssay, el gobierno de Isabel Perón alegó que no estaba despojando a Leloir de su posición académica—pero que su mandato aplicaba a todos los demás profesores que constituían el Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad de Buenos Aires!

Existen numerosas instancias en que cambios de gobierno nacional terminan en el despojo de departamentos científicos. El autoritarismo arbitrario no es compatible con el riguroso étos científico y, por lo tanto, trata de reprimir aquellos cuya vocación consiste en la búsqueda de la verdad. En 1969 el gobierno militar de Augusto Rademaker en Brasil forzó el retiro temprano de profesores universitarios. En 1977 el gobierno de Ernesto Geisel casi logra cancelar la asamblea anual de la Sociedad Brasileña para el Progreso de la Ciencia (SBPC) al sospechar esta de actividades ilegales. En la década de 1960, mitad del profesorado universitario fue despedido en Uruguay. En el Departamento de Agricultura del mismo país, los puestos se redujeron por un 80 y su porcentaje del presupuesto estatal se redujo de un 21% a un 14%, mientras que el ingreso militar subió a un 60% del presupuesto nacional. En 1980, las fuerzas armadas del gobierno de José Napoleón Duarte, irónicamente un ingeniero civil, ocupó la universidad de El Salvador y la cerró, forzando la salida académica de unos 4,500 estudiantes de medicina. Una carta del Secretario de Planificación a las Naciones Unidas señala que las investigaciones científicas que se habían estado llevando a cabo por años habían sido completamente arruinadas, experiencias análogas a las de Houssay.⁴⁷

Los gobiernos represivos rutinariamente han asesinado a doctores por el mero hecho de que curaban a sus enemigos; su avaricia ignora la repercusión que sus actos tendrá a largo plazo. Una comisión especial enviada a El Salvador en octubre del 1980 encontró que 9 médicos y 7 estudiantes médicos habían sido asesinados. Otros casos incluyen al agrónomo Joaquín González, quien había sido torturado y asesinado por el nuevo gobierno. En Guatemala, 86 profesores murieron durante los primeros 10 meses de 1980.

Rodrigo Fernós

En Nicaragua, el Dr. Juan Batista Salaas, profesor en la Escuela Nacional de Agricultura y Jardinería de Managua, fue asesinado el mismo año. Dichos problemas son típicos de los gobiernos militares en la década de 1970, década de las dictaduras latinoamericana: Argentina (1976), Chile (1973), Brasil (1964), Uruguay (1973), Bolivia (1980) y Paraguay (1954).

Es claro que la inestabilidad política y la naturaleza autocrática de los gobiernos latinoamericanos durante el siglo XX contribuyeron grandemente al empeoramiento de la ciencia durante el mismo siglo. Aunque Cesar Milstein era de Argentina, es significativo notar que pasó gran parte de su vida científica en Inglaterra. El continuo carácter militar del gobierno argentino lo estimuló a emigrar a Inglaterra en búsqueda de un ambiente más estable y seguro en el cual trabajar—lo que quizás explica la relativa ausencia de estudios sobre el mismo. Milstein, orgullo de la nación Argentina, también señala sus más serios problemas—al igual que serios problemas del continente.

Rutas del éxito científico

Si la nación inhibió la creación de los premios Nóbel, ¿como entonces podemos explicar la existencia de estos?

La ciencia es creada por individuos, no naciones. No obstante, son las naciones, los gobiernos nacionales, que crean el contexto bajo el cual operan los científicos. El impacto gubernamental va a existir, irrespectivamente del tamaño del estado, la política científica (o la carencia de) y la efectividad de su administración. Estas mayores esferas sociales son las que van a tener un factor determinante en el carácter de la ciencia que se encuentra dentro dentro de sus límites geográficos. La ciencia de países pequeños va a tener un carácter diferente a la ciencia de países grandes, tal como la cultura científica de países autoritarios va a ser diferente de países democráticos. Una útil analogía es la selección natural darwiniana, en la cual los contextos ambientales condicionan los rasgos de las especies que se encuentran en estos. Aunque el medioambiente no define estos rasgos en un sentido estricto, este crea las ‘reglas’ de su desarrollo, y así afectando su forma y carácter.⁴⁸ Lo mismo ocurre con el contexto nacional en el cual se desenvuelve la ciencia.

Por lo tanto, no hemos de estar sorprendidos por la observación que ciencia exitosa de América Latina tiene carácter guerrillero. Por el término, no se quiere implicar que esta era agresiva y dirigida en contra el estado y del estatus quo, sino que su carácter es típicamente pequeño y móvil. La ciencia exitosa latinoamericana es flexible debido a su diminuto tamaño, que le permite relocalizarse de acuerdo a las pautas circunstanciales en la cual existe; de otra manera, no hubiese podido sobrevivir.⁴⁹ Las descripciones de los laboratorios de Houssay y Leloir caben en esta caracterización.

Habían pocas personas envueltas, por lo menos relativo a aquellas de la ciencia de países desarrollados. El local inicial del Instituto Campomar (Leloir) era una residencia privada, en el cual los armarios se utilizaban como

bibliotecas y las bañeras como laboratorios, lo que generó gran cantidad de anécdotas memorables. Aunque el Instituto de Fisiología tenía mayor envergadura, Houssay constantemente se relocaba entre una u otra institución al ser perseguido por varios gobiernos argentinos. La naturaleza “pequeña” del carácter institucional de la ciencia fisiológica innatamente permite este tipo de movida, imposible en una institución grande como la CERN en Europa de la física moderna y “grande”. La ciencia exitosa de América Latina es ciencia pequeña, usando el término creado por Derek de Solla Price.

Existen un número de ventajas al tamaño diminutivo, además de su flexibilidad, que no existe en la ciencia grande. La ciencia guerrillera por ser pequeña tiene reducidos costos operacionales, al igual que reducidos gastos de transacción de información. Al tener un pequeño núcleo, las diferentes partes del mismo pueden estar mejor organizadas entre sí mismas. Houssay en su Instituto de Fisiología se reunía todos los días a las 10 AM para discutir los últimos artículos científicos, al igual que instruir a los demás en los experimentos del día. Dicho fue un patrón continuado por Leloir, quien leía revistas científicas todas las noches después del trabajo para luego comentar sobre estas al día siguiente. Leloir menciona que su laboratorio estaba localizado cerca del de Houssay, hecho que también facilitaba la interacción entre los dos grupos. Al tener una pequeña organización, se pueden tomar decisiones en menos tiempo que afectan al grupo en su totalidad.

Un anécdota quizás clarifique el punto. Cuando la Fundación Campomar se relocó de la Calle Costa Rica, surge una duda de que como proceder. No se sabía si 1) se organizarlo todo primero para luego investigar o si 2) se investigaba primero para ir organizando a medida que se necesitaba. Leloir naturalmente quería la segunda opción, mientras que otros colegas optaban por la primera. Rápidamente se hizo un compromiso, en el cual se organizaría todo lo más básico primero, para luego dejar cada investigador proceder a su preferencia. Tales decisiones rápidas y efectivas son imposibles en instituciones burocráticas de mayor tamaño y envergadura, que necesitan proceder por varias etapas de permisos y líderes antes de iniciar una toma de decisión.

Es claro que el dañino contexto nacional—la arbitrariedad de sus reglamentos y la falta de proceso justo y democrático del autoritarismo—fomentó el carácter guerrillero de la ciencia *exitosa* hispanoamericana. Quizás Che Guevara, doctor argentino que formó parte central del cambio castrista en Cuba, se refería a los focos de revolución científica en vez de los focos de revolución política.

SEGUNDA PARTE: LA AMERICA PRE-COLOMBINA

Es increíble que, sin animales de carga y tecnologías de hierro, los indígenas precolombinos pudieron crear avances que superaban aquellos de los europeos. El quipu incaico, el cero maya o el tonalli azteca son todos indicios de la grandeza intelectual de sus civilizaciones. Con su matemática, los mayas calcularon el periodo de Venus con un nivel de precisión igualados solamente por la ciencia moderna. Con su aritmética, los incas desarrollaron un sistema de contabilidad sin el cual su imperio no hubiese podido crearse. El desarrollo tecnológico indígena fue igualmente impresionante. Los incas tenían casas de almacenaje que, a pesar de utilizar materiales primitivos como piedra, gravilla, y paja, su eficacia y diseño asemejaban los de almacenes modernos con refrigeración electrónica y composición metálica. Los acueductos de los aztecas también se asemejaban en su nivel de complejidad y cuerpo ‘profesional’ al de los acueductos romanos. Los aztecas por su parte llegaron a una forma primitiva del arco, diseño tecnológico que distribuye equitativamente el peso de una carga a través de toda su estructura. Si los europeos renacentistas crearon inmensas iglesias en Roma, solamente nos podemos imaginar las majestuosas estructuras que hubiesen construido los aztecas de haber tenido un diferente fin histórico. Se puede tener un gran orgullo de la historia intelectual indígena.

La destrucción física y colectiva de estas sociedades por los españoles, por lo tanto, ha sido una de las tragedias culturales en la historia de la humanidad. Sugiere la cuestionante de sobre una posible historia alterna. Solamente se puede especular ahora sobre lo que hubiese ocurrido si esta se le hubiese permitido desarrollarse de no ocurrir la tragedia que se dio. Las enfermedades europeas, combinadas con la presión militar española entre otros factores, puso fin a las civilizaciones indígenas. Aunque todavía existen “incas” y “mayas” como individuos, aquella mente colectiva que igualaba más que la suma de sus partes desvaneció durante el periodo colonial; estas sociedades viven hoy solamente en la memoria, en los archivos y en los textos históricos.

Pero no deberíamos de culpar solamente a los europeos. Existían debilidades en las estructuras sociales indígenas que probablemente hubiesen llevado a su caída, con o sin la presencia de los españoles. Los españoles son una causa suficiente, pero no necesaria, de la caída precolombina. Un buen ejemplo es la sociedad maya que, a pesar de su genio que se tendía a comparar con el del griego occidental, cayó cientos de años antes de la llegada de Pizarro o Cortés. El agotamiento del medioambiente no solo puso fin al crecimiento de su tamaño geográfico, sino que dio a una contracción social irreversible. Como las inmensas estrellas que por su tamaño crecen y se contraen a una fracción que las más pequeñas, la sociedad maya desvaneció

por el peso de su propio tamaño, colectividad cuyos restos influyeron grandemente a todas las futuras civilizaciones mesoamericanas. Su ejemplo es una advertencia a nuestras sociedades modernas, cuyo falso optimismo del futuro no esta basado en hechos y realidades históricas. La ciencia o la tecnología no son necesariamente la contestación de todos los problemas sociales.

El fin colectivo de las sociedades precolombinas también significó que estos tendrían poco impacto en el desarrollo de la ciencia moderna en América Latina. Aunque sus invenciones ayudan a aclarar el carácter de nuestra propia civilización, la falta de influencia directa a esta significa que estos son solamente una nota al calce en la historia humana, una herencia cultural cortada sin descendientes futuros.⁵⁰ No hay duda de que su caída iniciaría el periodo colonial español con un nivel científico más bajo de lo que le precedía. Este retroceso colonial, a su vez, tendrá implicaciones negativas para el desarrollo de la ciencia latinoamericana durante el periodo de independencia durante el siglo XIX.

Capítulo 5

LA CREACIÓN DE ESTADOS GRANDES

*La naturaleza de todos los hombres es la misma;
son sus hábitos que los distinguen.*⁵¹

—Confucius

Aunque hoy quizás tomemos por dado la fluidez cotidiana y el tamaño de nuestra sociedad, la sociedad compleja con varias miles de personas, es algo relativamente nuevo en la historia humana. En los 400,000 años que ha existido el ser humano (*homo sapiens*), es sólo durante los últimos 5,000 años que surge lo que ahora llamamos como “civilización”. Es como comparar el grano de arena al tamaño de la playa, o los últimos segundos de un día. Para ser generosos, si dividimos la historia humana en 24 horas, las antiguas civilizaciones griegas e aztecas surgen en los últimos 18 minutos. Si consideramos que la historia occidental tiene alrededor de 2,000 años, esta cifra se puede reducir a los últimos siete minutos. Las naciones independientes latinoamericanas, de unos 180 años, surgen en los últimos 38 segundos. Desde este punto de vista, las naciones latinoamericanas aún son meros infantes y Estados Unidos un recién nacido. Sus edades disminuyen aún más si usamos otros puntos de referencia, como la historia biológica humana.⁵²

Por lo tanto se puede observar que el océano de la historia es mucho más profundo de aquel que leemos en libros de historia o lo que usualmente contemplamos. La gran mayoría de estos libros abarcan una parte minúscula de la historia en su totalidad actual. Este prejuicio “presentista” es aún mayor cuando se considera que estos textos tienden a enfatizar la historia desde la invención de la imprenta en 1453.⁵³ Esta desproporción bibliográfica nos da una impresión incorrecta sobre la naturaleza del ser humano al igual que de la sociedad dado a que la mayor parte de la historia humana no ha ocurrido dentro del estado grande, sino fuera de este, en grupos tribales de aproximadamente unas 30 personas. Fue bajo estas condiciones que se desarrolló el comportamiento y psiquis humano. El primer protohumano surge hace unos 4 millones de años, llegando al *homo erectus* hace 1.7 millones de años, y los humanos modernos *homo sapiens sapiens* alrededor de unos 100,000 años atrás. Entre las fases más importantes, *homo erectus* y *homo sapiens* (no *homo sapiens sapiens*), paso un periodo de un millón de años.⁵⁴

Considerando esta base evolutiva, parece milagroso que se hayan podido desarrollar civilizaciones de más de mil personas en el cual se encuentra un nivel relativamente alto de especialización social. El ser humano

no está diseñado evolutivamente para vivir en las altas densidades poblacionales. El comportamiento humano fue moldeado en la sabana o jungla amplia donde el tamaño promedio del grupo social eran alrededor de unas 30 personas. Si observamos que una gran mayoría de especies tienden a auto destruirse cuando estas se confinan a un espacio muy pequeño relativo a su número, desde las ratas a los peces beta, quizás podemos explicar parcialmente las altas cifras de crimen en las ciudades grandes. Afortunadamente, el hombre es una especie diferente. Este tiene las leyes y la cultura, al igual que un lento proceso de socialización infantil que permiten su existencia en espacios modernos constringidos.⁵⁵

Durante este corto periodo de la civilización humana, grande desde nuestro punto de vista cotidiano, han surgido docenas de civilizaciones como la de nosotros que nacieron pero que “rápidamente” cayeron. En general se reconoce que han habido alrededor de cinco a seis civilizaciones principales— las primeras civilizaciones: Egipto (300-2000 AC), India (2500-1700 AC), China (1700-1000 AC), el Medio Oriente (3500-2000 AC), y las Américas (0 DC-1500 DC). Las últimas incluyen a los Aztecas, Incas y Mayas, de las más recientes en la historia global.

Dado la dificultad de su formación, ¿cómo es que las civilizaciones o surgen aparentemente de la nada? ¿Por qué es que algunas sociedades crecen para ser estados grandes, construyendo majestuosas pirámides, mientras que otras nunca suben de los escombros tribales? ¿Cuáles son las bases del mundo moderno?

Arnold Toynbee: la respuesta humana

Han existido muchas teorías sobre la creación y caída de los estados grandes y una de las que fueron más discutidas académicamente ha sido la de Arnold Toynbee. Su teoría fue una de las primeras creadas con un grado alto de erudición, a pesar de los muchos problemas que tenía. Aunque no es aceptada en el mundo académico corriente, es útil ver los puntos perspicaces que tiene a ofrecer.

En su *A Study of History* (1934), Toynbee opina que las sociedades grandes originaban por un proceso de “reto y respuesta”.⁵⁶ Contrario a lo que se pensaba hasta entonces, Toynbee argumenta que las condiciones favorables en sí no creaban los estados grandes, sino que eran las condiciones difíciles las que estimulaban el desarrollo de sociedades complejas—visión quizás típicamente protestante. Las dificultades estimulaban a grupos que sufrían de estas para sobrepasarlas y su rutina cíclica, así creando estados mayores del que le precedían. Este nota, por ejemplo, que las junglas de México no son tan favorables como se pensaba; las civilizaciones mesoamericanas fueron rápidamente cubiertas por la jungla, para luego ser redescubiertas por exploradores completamente sorprendidos. Existen un sinnúmero de casos, como bécios o los caledonios, que no crecieron por tener la vida fáciles,

Rodrigo Fernós

mientras que sus vecinos como los fenicios o los sumerios crecieron precisamente por condiciones diametricamente opuestas.⁵⁷

Toynbee toma como punto de partida la sociedad de Atenas, aquella tan glorificada por su generación. Si se compara con otras sociedades a su alrededor durante el periodo que antecedió la creación de su civilización “clásica”, nunca se hubiese pensado que lograría tanto. Irónicamente, al no tener terreno fértil, produjeron aceitunas, que estimuló su contacto y expansión por el Mediterráneo al intercambiarlas en otros lugares por productos básicos como el trigo. Este proceso económico estimuló a los griegos a desarrollar una fuerte base naval que, con el estímulo intelectual del intercambio, crearon las bases intelectuales de la ciencia y el mundo moderno occidental.⁵⁸

Toynbee nota que el desarrollo de las civilizaciones es uno evolutivo y dinámico. Las respuestas creativas a condiciones difíciles tienden a generar más retos, y en torno otras respuestas en un ciclo cumulativo y ascendiente. El acto creativo exitoso genera otros actos creativos exitoso en un “círculo virtuoso”. Ciertamente, este nota que si el reto del medio ambiente geográfico o humano resulta ser un obstáculo demasiado difícil de superar, los núcleos originales no crecen y no llegan a desarrollarse. Toynbee propone un esquema múltiple, en el que la geografía y la cultura, como factores individuales e independiente, no son suficientes para explicar la creación de las civilizaciones. Para este, se requería una dinámica dialéctica que incluía a ambos factores.

La contraparte del crecimiento, la caída de las civilizaciones, ocurría en un proceso inverso. Las civilizaciones antiguas caían, de acuerdo a Toynbee, por falta de una respuesta original a nuevos retos, no por la carencia de retos como tal. Como la elite gubernamental tendía a ser heredado y estos líderes raramente tenían los meritos para estar en poder, su respuestas tendían a ser una mera repetición de la de sus antecesores. Como el reto de una situación no generaba una respuesta original y creativa al aislarse de las dificultades cotidianas, la continuación del “estatus quo” por la clase elite mantenía la existencia del reto original, que persistía resurgiendo cíclicamente al no resolverse. La adulación excesiva del pasado ataba estas sociedades a modelos inapropiados, dándose así eventualmente a su caída.

Pero quizás uno de los problemas más grandes que tenían las civilizaciones en su apogeo era la auto-definición. Una vez resueltos los problemas básicos de sobrevivencia, respuestas efectivas a la amenaza externa del medio ambiente, los nuevo retos de tales sociedades tendían a surgir con respecto a la identidad y la auto-definición—la creación de nuevas metas e identidades que servían para unificar y reorientar el cuerpo social. Sin estas nuevas definiciones, las sociedades tendían a destruirse internamente. Como la elite era heredada y no tenía de facto legitimidad pública, estos tendían usar la fuerza militar para arbitrariamente mantener el control, que agotaba los recursos económicos, así creando más problemas para el cuerpo social.

Toynbee otra vez utiliza a Atenas como ejemplo. Viviendo en su antiguo resplandor, Atenas rechazó hacerse parte de una federación de varias ciudades para batallar contra los Romanos. Si se hubiese unido a las otras ciudades, sus fuerzas combinadas probablemente hubiesen limitado el crecimiento del Imperio Romano en su infancia. Pero Atenas tardó tanto tiempo en decidir, que cuando se dió cuenta que necesitaba la ayuda de los demás, ya era muy tarde; Roma había crecido para llegar a un tamaño suficientemente grande como para derrotar a sus rivales. La caída de Atenas fue tal, que solamente la piedad y el respeto a su pasado impidió que los Romanos destruyesen la ciudad completamente. Irónicamente, la caída de Roma siglos después, unos de los casos más estudiados en la historia, fue causada por actitudes parecidas a la derrota de Atenas: la glorificación de victorias pasadas y contundente presencia de contestaciones obsoletas.⁵⁹

El clima y la geografía

Toynbee tenía razón en reconocer la complejidad del proceso, pero subestimaba factores del medio ambiente físico importantes en la creación de las civilizaciones. Todos los grupos tienen incentivos para crecer en tamaño, pero no todos lo logran. Varios beneficios del aumento en el tamaño del grupo social incluyen: la paz local, la creación de la fuerza laboral especializada, al igual que un aumento en la protección contra cambios ambientales o eventos naturales que puedan afectar gravemente los recursos alimenticios. La llegada de la agricultura permite la creación de una sociedad compleja, sofisticada y viable. Veremos como el clima y la geografía influyen este proceso.

El impacto de estos dos factores se hace más evidente cuando se toma como contrapunto el continente africano. Si ignoramos por un segundo la sociedad al norte de África, el Egipto, y tomamos la región del sud-Sahara, nos damos cuenta que su desarrollo ha sido muy atrasado. A pesar de que formaron varios pequeños “imperios”, no surgieron sociedades comparables con las de los aztecas o la de la China. No se creó un alfabeto, ni unas matemáticas. Los observadores extranjeros del periodo colonial tendían a poner a África y al Africano en la posición más inferior en la escalera de las civilizaciones. Hoy en día, el África existe en condiciones muy primitivas comparadas con el resto del mundo. ¿Porque? La geografía ha sido un factor determinante entre otros.

Aunque el argumento de que el desierto del Sahara ha servido como línea divisora entre dos ámbitos culturales ha sido criticado, no podemos dudar que este “océano” creaba un obstáculo natural hacia el Mediterráneo. Aunque no paraba completamente el flujo de materiales e ideas con el mundo de Ferdinand Braudel, ciertamente lo atrasaba. No obstante, el atraso Africano no se debe solamente a este sino a la combinación de un sinnúmero de otros factores geográficos.⁶⁰

Rodrigo Fernós

La tierra costanera se eleva rápidamente, prohibiendo así el desarrollo de terrenos de agricultura. Mientras que en las Amazonas la tierra se eleva 20 pies en altura por cada 500 millas de largo, en el África la fracción iguala a dos mil pies por cada 500 millas, cincuenta veces más rápido. Los llanos costaneros, tan importante para la agricultura, solamente consta de 20 millas. El sud-Sahara también carece de un Nilo, un terreno aluvial en el cual puede deposita tierras ricas en nutrientes para la agricultura. Los ríos que existen tienden a ser demasiados violentos y erráticos para la creación de una civilización agrícola. El África también carece de ríos navegables. Mientras que el Yangzee en la China puede llevar cargamentos de 10,000 toneladas, el río Nígero el Zaire no puede sostener estos por la multitud de cascadas. Nótese que a pesar de que el río Níger origina a 200 millas del mar, recorre unas 2,640 millas antes de llegar al océano. También existen pocas zonas costeras favorables para la creación de puertos. En Europa, la mayoría de la tierra esta dentro de 500 millas del océano, mientras que en el África, la mayoría queda a mil millas de este. Las dificultades confrontando el crecimiento de complejidad social eran simplemente abrumadoras.

Las diferencias geográficas son tan impresionantes y numerosas, que es difícil de creer que los europeos coloniales postularon razones raciales por el atraso africano. Estos factores del medioambiente geográfico afectaron el medioambiente humano en el cual se encontraron los grupos del sud-Sahara. El número de tribus y la carencia de conglomeración social se refleja en el número de lenguas creadas en el continente. A pesar que los “africanos” constituyen solamente 10% de la población mundial, tienen el 33% de sus lenguas. La creación de tantos diferentes grupos e identidades culturales obviamente inhibía la creación de una civilización basada en una serie de intereses comunes. De mismo modo, el hecho de que no se pudo crear una civilización en esta región, significó una inseguridad cotidiana con la llegada de los europeos, que en sí inhibía la creación de una civilización africana—un círculo vicioso.⁶¹ Una debilidad, la geográfica, ayudó a crear otra debilidad en su turno, la esclavitud. El impacto de la esclavitud colonial en el proceso evolutivo de las sociedades africanas es bien conocido y estudiado.

Otro elemento del medio ambiente físico que afectó el proceso evolutivo fue el clima. Aún en el mundo de hoy, las naciones ricas tienden a existir en los climas templados, mientras que las regiones más pobres tienden a estar localizados en los climas tropicales. La mayoría de los países tercermundistas existen bajo un clima con una temperatura promedio que excede los 68° F o 20° C, los países ricos en su mayoría tienen temperaturas promedio debajo de esta.

En primera instancia, la correlación entre temperatura y ingreso nacional no hace mucho sentido porque los climas trópicos son mucho más diversificados que los climas templados en términos de su flora y fauna. Esto sugeriría a algunos que Toynbee tenía razón. Hipotéticamente podríamos argumentar que, como las fuentes de alimento en los países tropicales son tan

diversificados, la sobrevivencia es muy fácil y, por lo tanto, no provee el incentivo para el surgimiento de la civilización. Pero recordemos que Toynbee rechaza este argumento con respecto a la facilidad de la vida tropical, notando que a pesar de su biodiversidad, no era tan fácil como se pensaba. ¿Cuál entonces es el papel del clima?

Es interesante notar que el clima, como factor en la evolución de las civilizaciones, ha sido uno de los más especulados por pensadores en la historia occidental. Desde el renacer intelectual europeo, se percibía una correlación entre el clima y la civilización, pero las causas y los mecanismos no eran claramente elucidados, dándose así a la especulación rampante. La crítica del médico cirujano George M. Giles en 1891 en otro contexto es pertinente:

Existe una tendencia demasiado fuerte al imputarle todo al clima. [Se culpa al clima] para enfermedades cuyas causas no entendemos claramente. Es una palabra respetable y su mera pronunciación promueve un falso sentido de bienestar....todos se sienten absueltos de responsabilidad.⁶²

Tales ideas eran tan diferentes a las nuestras, que no las reconoceríamos hoy en día. Estas teorías también se difundieron a los pensadores latinoamericanos del periodo colonial.

En su *Observaciones sobre el clima de Lima y su influencia en los seres organizados en especial el hombre* (1809), Hipólito Unanue narra que la lenta raza negra se creaba en climas calientes, mientras que la energética raza blanca en climas temperados. Aunque Unanue no era racista en el sentido de que señalaba muchas excepciones, al igual que indicaba que la religión modificaba el carácter original del hombre, este notaba una fuerte correlación entre el clima con el genio y el nivel de actividad de las razas en sus respectivas zonas geográficas.

En un país situado en el centro de la zona ardientes...[con una] superabundancia de humedad en la atmósfera, deben los que viven en el tener un cuerpo débil. La humedad impide la firme unión de los elementos que componen las partes sólidas del cuerpo humano: el calor produce una transpiración abundante que relaxa el cutis: ambas causas un ayre falto de elasticidad.

Los países calidos inducían la morosidad y pereza de sus habitantes; como la sangre no fluía tanto por ellos, “el vigor muscular se abate y debilita”.

Rodrigo Fernós

Curiosamente, aunque rechazamos hoy la lógica y asunciones de Unanue, el clima tropical tiene varios efectos detrimentales, directos e indirectos, al desarrollo de la civilización--pero no por las razones que Unanue sugiere.

Los climas templados tienen lluvias suaves comparadas con las lluvias tormentosas del clima tropical. En Nigeria, el 90% de las lluvias caen a más de 25 milímetros por hora, la mitad de lo que cae en Londres en un solo mes. En Ghana, las tormentas desahogan 200 milímetros de agua por hora sobre la tierra. La velocidad del ciclo hidrológico es importante porque ayuda a destruir o preservar el mantillo, o la capa superior del suelo, tan importante para la agricultura. No deberíamos de olvidar que los climas tropicales también son los más propensos a ser afectados por huracanes y ciclones, que con su escala masiva destruyen poblaciones enteras.

Pero quizás el factor más importante con respecto al impacto negativo del clima tropical fue señalado por William A. Masters y Margaret S. McMillan: la presencia del escarcha.⁶³ En el desarrollo de la agricultura, la escarcha actúa como un antibacteriano, eliminando todo tipo de insectos y bacteria que puedan afectar negativamente la vegetación agrícola. A pesar de ser un proceso relativamente simple, afecta grandemente la productividad agrícola mundial. Los países que carecen de este factor, tienden a tener economías subdesarrolladas, con agrupaciones de países pobres cerca de la línea del ecuador. A manera que aumenta la latitud hacia los polos, al igual que los días de escarcha, vemos una tendencia hacia una más próspera economía. He aquí un factor importante en la diferencia latitudinal de la economía humana. Obviamente el impacto del clima no era racial como Unanue especulaba, sino “latitudinal”. Aunque las conclusiones y sus resultados son parecidos, el mecanismo causal es diferente.⁶⁴

Jared Diamond: factores biológicos

Quizás uno de los estudios más profundos publicado recientemente es el de Jared Diamond titulado, *Guns, Germs, and Steel*.

Al preguntarse por qué algunas sociedades prosperaron mientras que otras no llegaron a etapas sofisticadas y complejas, este señala los factores biológicos necesarios para su desarrollo—factores que estuvieron fuera del control humano. Sin la existencia de rasgos particulares, la creación de civilizaciones más complicadas nunca hubiese ocurrido. En comparación con Toynbee, quien concedía más influencia a la acción humana interna, Diamond mueve las causas hacia lo externo: el ámbito biológico. La Europa prosperó, en comparación con el África, simplemente porque existían condiciones biológicas favorables: un mayor número de especies de animales y plantas domesticables.

Todos los animales en el África tienen rasgos de conducta agresiva, lo que prohíbe su domesticación—posiblemente influenciado por la presencia de

humanos en su historia evolutiva. El hipopótamo, al igual que el carabao, son animales más agresivos de lo que se comúnmente piensa, muy lejanos de su caracterización en el cine popular como observado en “*Fantasia*”. En Sur-América, la existencia del la llama fue favorable para el desarrollo de los Incas, aunque hay que notar que los Maya carecían de un animal parecido. Pero lo más sorprendente es el gran número de animales de carga de origen europeo. De las 72 especies de animales grandes, se pudieron domesticar 18% de estos, tal como el caballo, la vaca, etc.; ninguno se encontraba en el continente africano. De mismo modo, las plantas que se desarrollaron en el Medio Oriente también llegaron a ser plantas domesticables. De su total, hay muy pocas plantas que son comestibles, un 0.1% del total. Un 90% de las plantas que se consumen hoy en día provienen de la región del Creciente Fértil.

Se pudo desarrollar especies como el trigo y las lentejas debido a su buena fundación genética, que fue manipulada por el hombre a través de numerosas generaciones. El trigo en su estado natural tenía tallos suaves, que fácilmente dejaban sus semillas caer al suelo—diseño genéticamente beneficioso para la planta pero no para el ser humano que las consumía. Por medio de la selección humana, se llegó a tener tallos más fuertes, que mantendrían la semilla hasta que estuviese lista para su cosecha. Más importante aún, se desarrollaron semillas que podían estar almacenadas una gran cantidad de tiempo sin que se pudrieran, facilitado por el seco clima del Medio Oriente (Creciente Fértil). El alto contenido de proteína y de calorías en ciertas plantas también significaba que el trigo y el arroz (China) serían fuentes alimenticias sumamente eficientes: el trigo contiene un 18% de proteína, mientras que el arroz un 9%. En el Medio Oriente, por cada unidad de kilocaloría que se usaba en la agricultura, se producía 50 kilocalorías. Las especies de plantas del área incluyeron: trigo, cebada, lino, lenteja, guisante, garbanzo, algarroba, clasificadas como cosechas fundadoras o iniciales de las cuales solamente dos residían naturalmente fuera de la región.⁶⁵

Otro factor afectando el desarrollo de las civilizaciones es su eje norte-sur o este-oeste. Las sociedades que se desarrollan en ejes geográficos paralelos a los ejes de latitud (este-oeste) tienen el beneficio de mantener las mismas condiciones climatológicas. Estas tienden a tener niveles parecidos de lluvia, temperatura, humedad, etc. El conjunto de factores biológicos y ambientales facilitaba la extensión una especie de flora de un lado a otro a un costo relativamente bajo; los humanos podrían migrar debido al hecho que sus fuentes alimenticias también podrían transplantarse. La región de Europa es un ejemplo de esta dinámica.

Por comparación, los grupos que existen a lo largo de líneas de longitud (norte-sur) se les hace más difícil de expandirse por las diferencias de clima que encuentran. Los recursos nutritivos no se pueden transferir con facilidad de un lado (norte) a otro (sur) debido a sus las grandes diferencia climatológicas. Otra vez, el África es buen ejemplo, como lo ha sido las

Rodrigo Fernós

Américas, donde existen líneas divisorias climatológicas entre sus diferentes regiones. Los ambiente biológicos-ambientales han contundentemente condicionado la actividad de los seres humanos.

Conclusión

Deberíamos notar que los factores mencionados que llevan a grupos tribales a formar civilizaciones aplican principalmente a las etapas más básicas de este proceso. En otras palabras, hemos mencionado las causas necesarias, pero no las causas suficientes para la formación de estados grandes. Por lo tanto, aunque hemos brevemente mencionado las causas necesarias de la existencia de civilizaciones tempranas en Mesoamérica, Mesopotámica, China, o antiguo Egipto, no hemos explicado el por qué del surgimiento de un grupo en vez de otro en el mundo moderno. O sea, no hemos dados factores que nos ayuden a explicar porque durante los últimos mil años las naciones occidentales “conquistaron” al resto del mundo—una historia que tomaría volúmenes inmensos debido a las particularidades únicas del proceso en cada región.

No obstante, hemos de señalar que el surgimiento del mundo occidental no era algo obvio durante sus inicios.⁶⁶ Consistía de un mundo que se encontraba en la ruina medieval, más lleno de caos que de orden. Si en el año 1000 DC se hubiese hecho una apuesta sobre cual civilización hubiese surgido por encima las demás, la mayoría hubieran apostado por la China. Esta tenía una sociedad estructurada, una ciencia mucho más sofisticada que la occidental, al igual que un comercio por gran parte del mundo, desde la India hasta el África. Excavaciones hechas recientemente sorprendentemente han encontrado piezas de platos chinos en la costa oriental del África. ¿Que ocurrió? ¿Por qué surge Europa, y no la China, como potencia global que conquistaría a la mayoría del planeta? Estas son un diferente tipos de preguntas no cubiertas por el tema del libro, cuyos detalles tomarían amplios volúmenes como los de Joseph Needham. Lo importante notar es que la contestación se ubica en el desarrollo científico y tecnológico de Europa.

Capítulo 6

LA MATEMÁTICA Y ASTRONOMÍA MESOAMERICANA: LA IMPORTANCIA DE NADA

*...una profunda e importante idea que aparenta ser tan simple para nosotros ahora, que ignoramos su importancia real. Pero es su mera simplicidad, y la gran facilidad que le otorgó a todos nuestros cálculos, que puso nuestra aritmética en el primer rango de invenciones útiles.*⁶⁷

—Pierre-Simon Laplace

Nada tiene importancia, mucho más de lo que se tiende a pensar. La forma gráfica en que algo está escrito o representado ha sido un factor tan importante en su desarrollo como los mismos conceptos que describe, particularmente aplicable en el caso de las matemáticas. En cualquier lenguaje escrito, existen tres maneras diferentes en que se pueden escribir los símbolos. Una manera es la de atribuir un solo símbolo a un objeto o una acción, o sea el uso de logógrafos como en la lengua china.⁶⁸ Otra manera es la de atribuir un símbolo a un grupo de sonidos que en si tienen importancia dentro de la lengua. Aunque este método usando ideógrafos es más abstracto que el primero, todavía sigue siendo pictórico en su esencia.⁶⁹ La última manera es la de atribuir un símbolo a cada tipo individual de sonidos que existen, tal como en nuestra lengua. Aunque cada símbolo no tiene significado por su propia cuenta, en este tercer método tiene la ventaja en que los símbolos se pueden combinar eficientemente para crear unidades con significado, sea una palabra, una oración, o un párrafo.

Si comparamos el primero método con el tercero, notamos que forman un tipo de continuo, ambos representado dos extremos opuestos. Mientras que en el primero, en cual cada símbolo tiene significado y por lo tanto más fáciles de construir, las lenguas que lo utilizan se vuelven rápidamente complejas y demasiado elaboradas debido a que se tiene que inventar un nuevo símbolo para cada nuevo concepto, objeto o acción. Esta dinámica tiene varias repercusiones intelectuales y sociales. Debido a que el número total de símbolos crece rápidamente, toma un semejante tiempo exponencial para aprenderlos. La lengua escrita china, por ejemplo, tiene unos 50,000 símbolos en comparación con los 26 símbolos del alfabeto inglés. Este hecho drásticamente atrasa el proceso de aprendizaje del individuo y, últimamente el desarrollo intelectual de la sociedad. Peor aun, promueve la creación de una

Rodrigo Fernós

elite que se concentra específicamente en aprender todas las palabras que existen. La ciencia de la sociedad se convierte en la lingüística. Al otro extremo, el sistema occidental es mucho más eficiente dado que toma unos pocos años aprender todos los símbolos del lenguaje, que simplifica los procesos de difusión y creación intelectual de una sociedad.

El concepto del cero

El concepto del cero, y su importancia gráfica, generalmente surge en un lenguaje escrito del tercer tipo. Obviamente se necesita un lenguaje escrito con un nivel relativamente alto de abstracción para tener un impacto intelectual. Al añadirse a tal lenguaje, el cero permite al escritor hacer cálculos relativamente complicados en una pequeña cantidad de espacio y tiempo. Es decir, el cero introduce la forma gráfica del decimal que revoluciona la eficacia de sus cálculos y facilita su desarrollo intelectual.

Quizás su importancia se puede aclarar al comparar las matemáticas romanas con la babilónicas. Los números romanos no son de cálculos complejos dado que no tienen el punto decimal. El añadir “I” y “V”, para obtener “VI” quizás será fácil para números pequeños, pero se hace relativamente difícil con números más grandes. ¿Cuanto iguala MCMXXVII-CI ? Es mucho más fácil hacer el cálculo con números “arábigos”:

MCMXXVII	1927
- CI	- 101
=?	=1826

La manera de calcular de Babilonia era muy parecida a la nuestra, aunque no utilizaban la misma forma gráfica para representar los números. Estos usaban el concepto del cero en sus cálculos, haciéndoles rápidos e eficientes.⁷⁰

De igual modo, aunque los símbolos específicos de los números no eran los mismos, las matemáticas de Mesoamérica de los aztecas y los mayas que le precedieron también eran relativamente sofisticadas precisamente porque tenían el sistema decimal (vigesimal) que incorporaba el concepto del cero.⁷¹ Los incas, aunque no tenían una matemática escrita usando símbolos gráficos, tenían un concepto parecido que usaban en sus computadoras de sogas.

El quipu

El quipu era una forma de mantener la contabilidad de los impuestos, las reservas, los comestibles disponibles usando únicamente una soga; sin este tipo de instrumento, es probable que el imperio inca no hubiese podido existir porque no hubiese podido adjudicar responsabilidad al erario imperial sin un

registro físico indicando quién le debía qué a quién. Aunque la memoria humana es buena, es falible y no crea un registro tangible de los eventos que luego se pueda leer independientemente de estos. Si hoy día decimos “ponlo en papel” para adjudicar responsabilidad y asegurar la viabilidad de un acuerdo, los incas hubiesen dicho, “ponlo en un nudo”.⁷² Han sobrevivido unos 500 quipus. Existirán más hoy en día de no ser por el ambiente húmedo de la ciudad de Cuzco donde la mayoría de estos eran almacenados.

Se pudo averiguar que el quipu se usaba como instrumento de registro y cálculo dado la repetición que se observaba en él. Consistiendo de una serie de nudos, aquellos lugares en la cuerda en donde le falta nudos representa un cero. En este sistema “digital”, a cada posición se le otorga un valor que aumenta, usando la base decimal parecida a la que se usa hoy día. Por ejemplo, un nudo en un lugar específico significaba un diez, en otro cien y en otro mil. Fácilmente se podría “escribir” en el quipu 3201, al poner tres nudos en la primera posición, dos en la segunda, ninguno en la cuarta, y un nudo en la última. De esta manera, se ahorra el trabajo de hacer 3,201 nudos en una cuerda.

Los números mayas

Los mayas también tenían matemáticas algo parecidas a la de los incas, aunque más complicadas. En comparación con estos, los mayas usaban la lengua escrita, un sistema complejo de logógrafos, y sus matemáticas se basaban en el sistema vigesimal en lugar de nuestro sistema decimal. Es decir, usaban el número 20 como su base de computo, en vez del número 10 como existe en nuestro sistema moderno.

La lengua maya consiste de una serie de pictogramas y logógrafos con un nivel alto de abstracción relativo al de los incas. Tenían símbolos tanto pictoriales para representar objetos al igual que ideógrafos para representar sonidos e ideas abstractas. Todo el continuo de las formas escrita se puede ver en su matemática. Estos también tenían imágenes que representaban números al igual que símbolos más abstractos para hacer cálculos y mantener registros.

En las matemáticas más abstractas de los mayas se usaba una serie de puntos y líneas, el punto representando al número 1 y la línea al número 5. Como en el quipu, la posición de estos afectaba su valor, pero como su sistema es de base 20 (vigesimal), la posición varía al factor basado en veinte en vez de diez. Para nosotros, 02 no es lo mismo que 20. Parecidamente, en vez de posiciones con valores respectivos de 10, 100, 1000, etc., estos variaban con valores de 20, 400, 8,000, 160,000, 3,200,000 etc. La forma más fácil de entenderlo es usando múltiplos de veinte como factor—por ejemplo $20^{(x)}$: 20^1 , 20^2 , 20^3 , 20^4 , 20^5 , etc. En la lengua Maya, estos números y posiciones se llamaban respectivamente: katun (20), baktuns (400), pictuns (8,000), calabtuns (160,000) y kinchiltuns (3,200,000), relativo a nuestro diez (10),

Rodrigo Fernós

cien (100), mil (1,000), diez mil (10,000), y cien mil (100,000). Como podemos ver, la base vigesimal maya crece muy rápidamente así facilitando los cálculos con enormes cantidades de una manera relativamente simple. Tal sistema facilitó significativamente el desarrollo de su astronomía.

¿Como se calculaba? Relativamente fácil, parecido a nuestra matemática moderna. Existen ciertas “reglas” en nuestra aritmética actual que permiten tomar atajos rápidamente. Por ejemplo, la multiplicación de números modernos con la misma base iguala a la adición de sus factores (por ejemplo $16 \times 4 = 4^{(2+1)} = 4^{(3)} = 64$). La misma regla o atajo existe en las matemáticas mayas, haciéndolas muy eficientes.

Añadir números era un proceso simple en el que se añadían líneas o puntos en sus respectivos niveles. Por ejemplo, un punto (1) añadido a una línea (5) en el mismo nivel igualaba a un punto y una línea (6) en esa posición. La multiplicación por un punto, subía la posición del número original por la posición que representaba el punto verticalmente en vez de horizontalmente. Es decir, un punto (20) en la primera posición $20^{(1)}$ subía la cantidad total una posición vertical, tal como nuestro diez se usa para añadir un cero horizontalmente al resultado final: $(234 \times 10 = 2340)$.⁷³ La multiplicación de un punto (200) en la segunda posición $20^{(2)}$ subía la cantidad total dos posiciones, tal como nuestro cien se usa para añadir dos ceros al resultado final $(234 \times 100 = 23,400)$. Si se multiplicaba dos líneas daba a cinco líneas dentro de la misma posición, que iguala a un punto en la posición superior, y una línea en la posición original.

Hay que señalar que la base matemática de la astronomía era muy diferente a la que se usaba en el comercio. El comerciante usaba su base vigesimal sin diferencia, mientras que la base astronómica (un año) usaba 18 meses, cada mes compuesto de 20 días, porque modelaba más naturalmente los periodos astronómicos. El año “natural” de 365 se creaba al multiplicar 18 por 20 (360) al cual se le añadían unos cinco días extra llamados un “wayeb”. Un año se llamaba “tun”, un día “kin”, y un mes “uinal”. De tal manera, su construcción simbólica implícitamente representaba el mundo natural, ayudando a disminuir la distinción entre ambos.

La astronomía maya

La astronomía maya es de las ciencias más impresionantes de Mesoamérica y era muy parecida a la astronomía de Babilonia. A través de cientos de años, se elaboró una base de datos firmes sobre eventos astronómicos con un nivel de exactitud parecido al de hoy día. Tan sofisticada era esta, que superaba la astronomía moderna en varios países latinoamericanos para fines del siglo diecinueve. Para tener una idea de su exactitud, el cálculo del periodo lunar se diferencia del cálculo moderno por solamente una parte en mil de un por ciento. Aunque no le asignaron un

número con decimales, tal como “29.5308 días” en nuestra matemática moderna, estos averiguaron que un ciclo de 81 lunas igualaba a 2,932 días; las dos cifras son las mismas. Para hacer tales cálculos, se necesitaba un periodo de observación bastante amplio dado a las discrepancias temporales entre el mes lunar y el mes solar.

Hay que notar que su sistema astronómico, como el de Babilonia, no era cosmológico en el sentido de que trataban de crear un modelo físico del universo. Era principalmente una astronomía computacional en la que solamente se calculaba eventos astronómicos—una distinción importante. Aunque se podría argumentar que había un modelo del universo, este era religioso y no naturalista (o mecánico) como el nuestro.⁷⁴ Ocurre, por lo tanto, una combinación curiosa de una base matemática para sostener una estructura religiosa.

El tiempo se medía a base de un calendario que consistía de diferentes ciclos que se llamaba la rueda caléndrica. Usaban un ciclo religioso de 260 días, y otro secular de 360 días. El uso de estos dos ciclos identificaba el día del año maya. Por ejemplo, en el día “4 Ahau 8 Cumku”, la primera parte se refiere al día religioso y la segunda a su posición en el calendario secular. Se puede observar inmediatamente que un beneficio de su sistema caléndrico era que le otorgaba una identidad única a cada día en la historia, que se repetía cada 52 años, la vida natural de un miembro de la elite maya.

Pero la identificación del día maya es más complicado de lo que parece. En el calendario religioso, llamado “tzolkin”, se usaban 20 nombres para identificar 13 días. En comparación con nuestro mes, su sistema impedía una cierta regularidad a su “semana”, así dándole mayor complejidad a los nombres que se le otorgaba a los días del año. Por ejemplo, al finalizar la semana (domingo), no revertían al primer día del ciclo llamado “Imix” (nuestro lunes), sino cambiaba a “1 Ix”, “Ix” siendo el nombre del día catorce. Cuando se llegaba al final de los veinte días (Ahau), el próximo día se llamaba “8 Imix” (previo era 7 Ahau).⁷⁵ El beneficio de tal modelo, una vez más, era otorgarle identidad histórica a cada día y así poder distinguir entre diferentes periodos en el pasado. Tal como podemos identificar la publicación del libro de Newton *Principia* con una fecha particular (5 de julio de 1687) en la historia actual, porque podemos hacer tal distinción, estos podían hacer lo mismo con aquellos eventos que consideraban importantes, típicamente por razones religiosas o políticas.

Venus

El carácter científico-religioso de la ciencia maya se puede ver en su estudio del planeta Venus. Este planeta es una de las “estrellas” más luminosas del cielo. La estrella más brillante del cielo, Sirius, tiene una luminosidad de solamente 1.5 (-1.5 Mv) mientras que la de Venus es de 4.6 (-4.6 Mv). El único objeto con más luminosidad es la Luna, de un 12.7 (-12.7

Rodrigo Fernós

Mv). Si se observa cuidadosamente, se nota que su aparición esta cercanamente ligada a la aparición del Sol al amanecer o al atardecer; también podemos notar que su visibilidad varía con las temporadas. Este punto blanco en el cielo nocturno, que ahora lo conocemos como un planeta, no se mueve como las otras “estrellas”. Su movimiento es errático, moviéndose hacia atrás, para luego proceder en su paso “normal”. Es quizás por estas razones que los mayas lo llamaban, “hoh ek” (gran estrella), y le hacían más sacrificios que a cualquier otro cuerpo estelar además del Sol. Venus se asocia a uno de los dioses más poderosos de la cosmogonía maya y azteca—Quetzalcoatl—que se usaba por los Maya para describir sus destructivos rayos de luz.

Ciertas páginas del Código de Dresde revelan un estudio muy detallado del planeta, notando sus apariciones y periodo cíclico visible conocido hoy como el periodo sinódico.⁷⁶ Varios estudios sobre estas cifras revelaron que los mayas habían establecido el movimiento del planeta con un error de solamente .08 de un día dentro de un periodo de 481 años. Tal era su exactitud, que solamente después del milenio y medio se podrían observar discrepancias entre sus cálculos y las observaciones actuales. Tal era su importancia, que el número común de sus tablas Venus, 9.9.16.0.0 (1,366,560 días) o 1 Ahau 18 Kayab marcaba el comienzo de la tabla, es decir el 5 de febrero de 625 DC. La fecha podía representar un sinnúmero de otras fechas y números importantes de la astronomía maya, tal como el año secular, la rueda caléndrica, el periodo sinódico del planeta Marte, etc.

Función social del tiempo en el Imperio Azteca

A pesar de la desaparición de la civilización Maya, estos tuvieron un gran impacto cultural en la región. A medida que los aztecas se expandieron mil años después, fueron incorporando elementos de las culturas de descendencia maya—un proceso en que el depredador se convierte en su presa y que parece ser algo común en la historia de la humanidad. Los aztecas, en fin, incorporaron elementos de la astronomía y la matemática maya, como la rueda caléndrica y el uso del sistema vigésimal.

Algunos argumentan que estas técnicas mayas fueron utilizadas por los aztecas para establecer su hegemonía local. Es decir, el calendario fue un elemento imperialista usado para consolidar su poder sobre la región. Al sistematizar un tiempo universal, se alega que estos pudieron establecer rituales que funcionaban para mostrar una imagen de su poder, así reforzando su poder social. La imagen del poder otorgaba en si poder a los aztecas. Los detalles del argumento son los siguientes.

La fuerza es efectiva solamente mientras que no se tiene que usar; aquella persona que usa el poder constantemente solamente demuestra cuán débil es dado que nadie le escucha. Del mismo modo, aunque los aztecas obtuvieron su poder por medio del militarismo, la consolidación de este poder político no se podía basar únicamente en el uso de batallones. Los aztecas no

instalaban líderes que eran de origen extranjero (azteca) en las áreas subyugadas, sino que usaban líderes locales. Tampoco no removían los dioses locales sino que añadían los de ellos (Huitzilopochtli por ejemplo) al lado de estos.⁷⁷ De basar su poder únicamente por la fuerza, su constante uso hubiese aumentado excesivamente el costo del imperio, problema que también existe en la esclavitud cuya expansión es limitada por el requisito de fuerza física. De otra manera, el imperio azteca hubiese rápidamente llegado a sus límites geográficos de lo que actualmente ocurrió. Notemos también que el militarismo de por sí no genera ingresos en comparación con otros esfuerzos gubernamentales, tal como el estímulo de la tecnología.

Al establecer un calendario común, los aztecas obtuvieron una “tecnología” que les permitía de demostrar visible y contundentemente su poder al conseguir que todos los grupos subyugados viniesen a la capital a la misma vez durante ciertas celebraciones predeterminadas. El calendario coordinaba las actividades a través de todo el imperio. El número de individuos subyugados era tan alto, que los eventos públicos religiosos claramente demostraban a los subalternos cuan extenso era el territorio azteca y, por implicación, cuan grande era su poder e influencia. Por este medio, el poder se consolidaba de una manera sutil, sin crear sentimientos rencorosos que podrían subestimar las bases de este delicado poder social.

Aunque este argumento tiene buenos puntos, también es problemático. No importe cual fuesen los objetivos de los aztecas, el hecho es que para cualquier tipo de consolidación social, sea pacífica o violenta, imperialista o democrática, se hubiese tenido que establecer normas a través de la región, tales como la estandarización del tiempo. Al asociar muy íntimamente este proceso con la creación violenta del imperio azteca, se establece una conexión ilusoria que no necesariamente existe: la coordinación temporal de la violencia. Hipotéticamente, la mera creación de una república de grupos indígenas en la región por medio de alianzas pacíficas también hubiese requerido el establecimiento de un calendario común. No deberíamos asumir que porque existía una coincidencia que también existe una causa.

Podemos notar el carácter innovador de dicho calendario cuando lo comparamos con la hora común moderna. El tiempo universal bajo el cual vivimos, quien durante el siglo XX tenía a Greenwich (Inglaterra) como punto de referencia para toda medida de tiempo terrestre, es algo nuevo en la historia mundial.⁷⁸ Aún a principios del siglo XX, no se había establecido universalmente este esquema y ciudades en dos países diferentes, como Chile y Argentina, a pesar de estar a poca distancia entre ellas, operaban bajo horas diferentes. El establecimiento de un “tiempo común”, por lo tanto, es importante para cualquier civilización irrespectivamente del poder que la otorga; sin esta estructuración del tiempo, es difícil coordinar actividades entre las diferentes partes sociales o geográficas que la componen.

Otra objeción es que la agrupación de los enemigos en un lugar puede tener el efecto contrario y repercusiones opuestas a aquellas que uno quería

Rodrigo Fernós

obtener. La técnica hegemónica de los aztecas, si es como se alega, era una navaja de doble filo. Un elemento de muchas conquista es lo que se conoce como “dividir y vencer”, dado que previene el flujo de información en los oponentes. Se trata de una técnica militar común en la historia.⁷⁹

Aunque los señalamientos que el calendario es un instrumento de hegemonía son interesantes, dan ciertas connotaciones negativas que no necesariamente existen. La creación del tiempo por el intelecto humano, imperfecto que sea, es el tratar de capturar la realidad independiente de sí misma. Imperfecciones siempre han existido en tales esfuerzos por la dificultad de la hazaña. El calendario occidental, aunque tenía un nivel de perfección alto, tendía a saltar de época a través de cientos de años. De mismo modo, el reloj de sol, de arena, de agua, de péndulo, el mecánico, y finalmente el atómico también trata de capturar una entidad que existe independientemente de nuestro pensar. La estandarización del tiempo universal, no importa cuán imperfecta sea, es nada más que la medida del cambio. Si no hubiese cambio, no existiría el tiempo; como el cambio es una parte integral del mundo, también lo es el tiempo. Irónicamente, este intento humano logra la perfección solamente a medida que la división del tiempo se disminuye a unidades que se aproximan al cero.

Capítulo 7

LA INGENIERÍA Y AGRICULTURA INDÍGENA: CÓMO ALIMENTARSE

*...ni una cosa, desde la más trivial hasta la más importante, carecían [los incas]...*⁸⁰

—Pedro de Ceiza de León (1553)

Hoy en día tamos por dado la comida sin la cual no podríamos vivir: es barata y rápidamente accesible, lo que explica las altas tasas de obesidad. Nuestra sociedad moderna no dedica mucho esfuerzo físico a la agricultura. Es tan eficiente en su producción, que solamente un 2 a 3% de la población de los Estados Unidos, 9% en Europa, se dedica a la cosecha. El precio de la harina hoy es menos de 1/3 de lo que fue en 1800 y las horas libres en la vida de un individuo ha aumentado de 43,800 horas en 1880 a 176,100 en 1995, con proyecciones de 245,000 para 2040. La mayoría urbana puede dedicar su tiempo a cosas que le interesen, o simplemente malgastarlo. La cantidad del “tiempo desechable”, como el ingreso desechable, es indicativo del nivel de afluencia absoluta de la sociedades contemporáneas en términos históricos al igual que geográficos.⁸¹ Sociedades con tecnologías y economías menos avanzadas, tales como las de África y partes de Asia, tienen estructuras sociales más parecidas a la de nuestro pasado arcaico; alrededor del 60% de la fuerza laboral se especializa en la agricultura, parecido al 80% en el pasado europeo.⁸²

Estos fenómenos se deben, en parte, a la preservación de alimentos por largos periodos de tiempo, al igual que a rápidos sistemas de transporte, añadiéndole solamente un costo módico a su precio total. El guineo que se consume en los Estados Unidos viene de Centro América, el café de Brasil, la habichuela de Puerto Rico, el trigo de los Estados Unidos, etc. Nuestras neveras domésticas, al igual que las neveras en los supermercados, mantienen la comida en un estado saludable por relativamente largos periodos de tiempo. Podemos comprar un churrasco de una vaca argentina, ponerlo en la nevera y comerlo semanas después como si lo hubiésemos comprado el mismo día que se procesó la vaca en Buenos Aires.

Las sociedades premodernas no tenían estos lujos y la alimentación tenía un lugar central en su conciencia colectiva y orden social de la que tiene hoy en día en la nuestra, desde su religión hasta su urbanismo. Y con buena razón. Sin la sofisticación relativa agrícola, ninguna de las grandes sociedades mesoamericanas hubiesen podido surgir en primer lugar. La agricultura es el

Rodrigo Fernós

sine qua non de la sociedad primitiva; su prosperidad rendía prosperidad al pueblo y su fracaso su final. Esta agricultura permitió el desarrollo de una diversificación social, particularmente la del grupo proto-científico cuyas innovaciones fueron descritas previamente. El no tener que buscar comida significaba que sobraba más tiempo para pensar, charlar, calcular y escribir. Sin la comida, no hay ciencia.

Metáforas de la comida en la ciencia y la religión

La alimentación creó una imagen que afectó profundamente las religiones indígenas tales como la maya y la azteca. En el mito de la creación del mundo azteca, basado grandemente en los mitos mayas, surge repetidamente la idea de la creación por medio de la alimentación. Para que una nueva era, un nuevo dios, o nueva entidad puedan nacer, otros tienen que alimentarlos, casi siempre por medio de un sacrificio. La creación del periodo histórico en que los aztecas vivían, llamado el “Quinto Sol” por ellos, fue creado por la muerte de dos dioses, Tecuiciztecatl y Nanahuatzin, cuando estos se auto-sacrificaron al lanzarse a un gran fuego. La creación del hombre surge con la muerte del dios Quetzalcoatl. En el mito maya, la creación del mundo corriente se debe a cuando dos hermanos dioses, Hunapu y Xbalanque, mueren y así engañan a otros dioses a que se sacrifiquen.

Tal como se puede observar en el acto de comer, la metáfora predominante del mundo mesoamericano sugería intercambio suma-cero. Para que algo pudiera existir, otra cosa tenía que morir. La creación de un ganador implicaba la existencia de un perdedor en el mismo sistema, tal como en la aritmética simple, una idea que quizás ayudo a crear el machismo hispanoamericano.⁸³ La ciencia de la economía moderna ha rechazado las presunciones de este paradigma.

Esta metáfora también permeaba la ciencia mesoamericana, análoga a las presunciones de la física premoderna europea. El movimiento se concibe como la aplicación de una fuerza externa, tal como vemos en nuestro mundo diario terrestre en el que el movimiento no es una propiedad innata a los objetos. Para los aztecas y mayas, el movimiento del Sol no era automático, sino que era causado por la energía de una fuerza externa, en este caso la sangre y corazones (el alma) de los sacrificados. Este modelo suma-cero iguala al de la creación del mundo dado que se necesitaba añadir energía al sistema para que este operase, tal como ocurren cuando ingerimos alimentos. Era un proceso constante que definió el carácter de la cultura Azteca.

Quetzalcoatl y el plan urbano

Toda ciudad refleja la perspectiva y valores de la sociedad que los crea. En el mundo moderno los edificios comerciales como el la Torre Sears en Chicago y el recién derrumbado Centro Mundial de Comercio de Nueva

York reflejan la orientación comercial de la sociedad estadounidense. De mismo modo, las estructuras urbanas mesoamericanas reflejaban la orientación religiosa y agrícola de su mentalidad colectiva. Los monumentos más grandes en estas sociedades tendían a estar dedicados a los fenómenos celestiales más predominantes—el Sol, la Luna y Venus. Cerca de Huancaco en Perú, la civilización moche, que precedió a los incas, construyeron templos ahora conocidos como los Huacas del Sol y la Luna en 500 DC.⁸⁴ Los mayas construyeron sus más grandes pirámides hacia el Sol y la Luna. Se estima que estos tomaron unos 10,000 labradores y 20 años en construir—una inversión de escasos recursos que sirve de testamento a la valorización de estos fenómenos asociados a la agricultura. En Tenochtitlan, las dos torres de la pirámides principal, el Templo Mayor, están dedicadas a dos dioses aztecas; Huitzilopochtli, dios del sol, y Tlaloc, dios de la lluvia. Otra de las pirámides centrales está dedicada a Quetzalcoatl, dios asociado al planeta Venus—estrella asociada con el sol dado a su aparición poco antes o después de este. La pirámide principal de Tula esta dedicada a Venus. Las reconocidas líneas Nazca de los incas se construyeron en el desierto para que viniese la lluvia; irónicamente su fracaso preservó su legado.

Pero el impacto arquitectónico de la agricultura no se limitaba a sus construcciones mayores sino a la totalidad de sus estructuras urbanas. En la civilización maya, los ejes de ciudades con miles de kilómetros entre cada una, estaban alineadas en la misma dirección: unos 20 grados norte del oeste donde se podía detectar la posición de las Pléyades. La constelación de Pléyades han sido usadas universalmente para determinar el comienzo y el fin de la época de lluvia y de sequía. Al orientar las pirámides principales en esta dirección, la estructura urbana alrededor de la cual se fundaba obtenía sus puntos cardinales principales.

También podemos ver que las ciudades mayas, al igual que las aztecas, representaban temas de su visión mundial. Si se traza una línea desde el centro de la ciudad hasta el norte, se puede observar el mismo patrón urbano. Las pirámides, el parque de bola, y el cementerio estaban localizados en un orden esquemáticos que representaba el ciclo de vida y muerte. Se puede observar este plan en las ciudades de Copan y Quiriga. El plan urbano de Cuzco, ciudad principal, también refleja un patrón planificado y sobreimpuesto—la imagen de un puma.

Los aztecas también imponían orden a su plan urbano, usando la ciudad mítica de Tula (Tollan) como modelo, asociado con el dios Quetzalcoatl. Para los aztecas, la ciudad funcionaba como cordón umbilical que ligaba la vida humana con la de los dioses. La ciudad estaba dividida en cuatro partes, representando la división natural del universo, con el Templo Mayor en su centro; cuatro carreteras principales de la ciudad originaban en el Templo y se extendían por la ciudad.

La idea de que el mundo astronómico—el Sol, Venus y las Pléyades—afectaba el mundo humano, estaba íntimamente integrado a su

Rodrigo Fernós

visión urbana, tan diferente a la moderna. Irónicamente, la caída de la sociedad azteca fue reforzada por su mito astronómico. Siete augurios de fenómenos naturales, tales como cometas, huracanes y terremotos, predijeron la llegada de Quetzalcoatl, en este caso representado por Hernán Cortés.

Prácticas agrícolas básicas

Podemos ver el gran valor, directo e indirecto, que se le otorgaba a la agricultura en las sociedades indígenas por la atención y recursos que se le brindaban a los asociados fenómenos celestiales. La adquisición de recursos básicos es una de las funciones principales de cualquier sociedad; el estomago es el ombligo del cuerpo social. Curiosamente, el mismo método de cosechar alimentos era utilizado por ambos grupos.

Los incas y aztecas usaban métodos de cosecha casi idénticos pero con diferentes nombres, uno llamado *waru waru* y el otro *chinampas*, respectivamente. La idea principal era el elevar terrenos dentro de un cuerpo de agua, que proveyera hidratación constante al igual que un recurso natural de nutrientes. En el chinampa azteca, la tierra al fondo del lago se utilizaba para proveer una fuente rica de nutrientes. El beneficio del *waru waru* incaico era que protegía a la cosecha de cambios atmosféricos; el agua rodeando las cosechas ayudaba a mantener una temperatura constante ante el seco frío peruano.

Como es comúnmente conocido, los incas también utilizaban terrazas cuyo diseño maximizaba la agricultura del poco terreno disponible. Uno de los mejores ejemplos son los de Machu Picchu. Irónicamente, esta aldea no era ciudad como tal sino una residencia de la realeza y, por lo tanto, no necesariamente refleja el patrón urbano de otras ciudades o aldeas incas. Es interesante notar que tenía un nivel exagerado de terrazas y, se argumenta, que esto le daba un nivel de protección a las incertidumbres de la época. Durante periodos de guerra con precarios abastecimientos alimenticios, el ‘citadel’ no se hubiese visto tan afectada como otros centros poblacionales.

Interesantemente, el método de intercambio de estos productos variaba en cada región. La distribución de productos en Teotihuacan era por medio del mercado libre; la producción principal de esta era el piedra volcánica obsidiana, que se intercambiaba con productos agrícolas de su alrededor. La piedra volcánica obtenía su valor al ser usada en la construcción de herramientas necesarias y simbólicas: cuchillos, lanzas, objetos ceremoniales. Curiosamente, aunque los líderes de la ciudad pertenecían a una elite religiosa, el crecimiento del mercado introdujo un proceso de secularización con el crecimiento de las clases productoras y comerciantes. Se estima que este cambio la llevó a la destrucción de la sociedad y el movimiento del foco central maya a ciudades al norte, como Tikal.

En comparación con la sociedad maya, la expansión inca destruyó todo tipo de mercado a su alrededor, estableciendo un socialismo estatal.

Todos los terrenos se declararon propiedad pública inca, y el labrador obtenía un usufructo temporero para vivir y laborar en estos. Mediante el impuesto *mit'a*, los incas no pedían productos como tal sino la labor de cada individuo para el estado. El estado luego usaba estos productos en sus proyectos, tales como la construcción de carreteras por el imperio. El punto importante es que el método de distribución era principalmente sobre impuesto por el estado y no libre; algo que le daba mucho poder político a la elite inca.

Canales aztecas

Las sociedades maya y azteca estaban localizadas en territorios semi-áridos. Por lo tanto, la irrigación tuvo una función muy importante al desarrollo del México antiguo, pero de carácter muy diferente a aquella de la sociedad antigua de Egipto. El uso de canales fue esencial en el desarrollo y culminación de la sociedad azteca.

El crecimiento de canales pasó por etapas claramente demarcadas. Los primeros canales no eran canales como tal sino estructuras utilizadas para el drenaje de terrenos cultivados; aunque ambos tienen la misma función de repartición del agua, su sofisticación era menor. En la distribución de agua para una cosecha, se tiene que considerar el material usado, la forma del canal, el ángulo de distribución, la altura de fuente principal en relación con su punto final, entre otros. No obstante, se sospecha que estos drenajes proveyeron la idea original para la creación de canales dado a que los dos consisten en la misma idea, el flujo de un cuerpo de líquido de un lugar a otro.

A medida que la tecnología se fue difundiendo de una región a otra, aumentó su sofisticación. Se aprendió a relocalizar canales y eventualmente, a redistribuir ríos. Las fuentes fluviales de los canales también aumentó en sofisticación, desde riachuelos tributarios hasta grandes ríos principales.

Un punto culminante en el desarrollo tecnológico de los canales fue la creación del acueducto, que se define al transportar agua a través de distancias largas desde su origen remoto hasta un punto final de distribución predeterminado. La diferencia entre acueductos y canales simples se debe a un nivel de planificación más complejo y sofisticado para el primero; su construcción requiere la existencia de un cuerpo profesional que había acumulado información a través de numerosas generaciones. La sofisticación del cuerpo profesional e intelectual era tal, que los aztecas casi llegaron a inventar un tipo de arco simple. Los incas y maya tampoco lo desarrollaron, a pesar de similitudes arquitectónicas.⁸⁵ Fue un desarrollo cortado abruptamente por la conquista española.

Existieron dos etapas de desarrollo del acueducto. La primera consistía de un canal sobrepuesto sobre un tipo de chinapa (o *waru waru* en inca). Vemos como la tecnología preexistente funciona como base para otros avances. Un problema que tenía es que consistía de solamente un canal, haciendo difícil su limpieza. Después de una inundación, se construyó uno

Rodrigo Fernós

más sólido, con dos canales. El sistema de acueductos era tal, que alimentaba toda la ciudad y le proporcionaba agua para los baños públicos.

Pero la distribución de agua no fue el único factor importante en el desarrollo de las sociedades grandes precolombinas. También lo fueron los sistemas de distribución y almacenaje.

Almacenes incas

Ni el uso del almacenamiento ni la invención del quipu habían sido innovaciones originales de los inca. El quipu había sido inventado por el grupo wari y estos, también, usaban casas de almacenamiento. La innovación inca reside en la organización política y sistemática de estos dos elementos, al igual que el desarrollo de un sistema complejo de carreteras a través del imperio, que ayudó a consolidar su poder hegemónico sobre la región andeana. Al eliminar el mercado libre, crearon una dependencia de la población que otorgaba a su sistema de (re)distribución socialista legitimidad y lealtad social. Tenía como carácter la asistencia económica en el cual el estado garantizaba comida, ropa y techo a todos sus ciudadanos. No obstante, no era un orden utópico; era un orden colonial.

Aunque las casetas de almacenamiento estaban construidas de materiales simples, piedra y paja, tenían una sofisticación más alta de lo que primero aparentan. Consistiendo de cuartos cuadrados o circulares, estos se localizaban hacia la cima de las montañas en lugares visible desde el valle. Su diseño y localización mantenían las temperaturas bajas, así preservando eficazmente los alimentos que guardaban. La puerta estaba localizada a un pie de la superficie, lo que ayudaba a prevenir la entrada de agua; estas puertas semejaban más a ventanas que puertas común y corriente. Las estructuras usualmente tenían una sola ventana, que miraba hacia la montaña—donde recibía más viento. Los techos tendían a ser de paja, un material efectivo para el control de temperatura a estas alturas donde el aire ya está frío y el calor usualmente proviene solamente de la radiación directa del sol. Los pisos, hechos de piedra sin relleno arenoso, funcionaban como desagües al igual que ayudaban a mantener la circulación del aire dentro de la pequeña bóveda. El diseño es parecido a los modelos de refrigeración modernos.

Se sospecha que las bóvedas circulares contenían maíz y las cuadradas papas. Se aumentaba el nivel de protección alimenticia al utilizar envases específicos para cada recurso alimenticio. Por ejemplo, el maíz se metía en jarras circulares con tapas, lo que prevenía la infestación de roedores. Las papas se guardaban en paquetes con paja entre cada nivel; previniendo la difusión de una infestación al resto de las papas, asegurando así su vida útil. La papa era particularmente problemática para almacenar. Al tener altos niveles de humedad interna, tiende a estar más sujeta a la bacteria y a la germinación, lo que cambia sus cualidades físicas, tal como el sabor, su textura y su valor nutricional. El maíz se podía guardar durante un periodo de cuatro

años, mientras que la papa duraba solamente uno. Debido a su durabilidad, es probable que el maíz se usaba durante tiempos de sequía y dificultad agrícola.

Pero el principal elemento innovador de los incas fue la manera en que organizaban y utilizaban las bóvedas. Como se mencionó anteriormente, las bóvedas eran estratégicamente localizadas encima de los montes, tal como las de Huanuco Pampa. Curiosamente, estos estaban localizados lejos de los centros de población. Era un elemento común de la localización de casi todas las bóvedas, con la excepción del Pumpu, el cual recolectaba objetos de alto valor.⁸⁶ Su curiosa distribución inicialmente lleva a la cuestionante de causa y motivos—hasta que se evalúan en diferentes contextos.

Las características de distribución del mercado libre son diferentes a las de los sistemas socializados, dado a que las primeras tienden a ser localizadas en el mismo medio de los centros urbanos para maximizar su venta al público; igualmente, estos tienden a tener una distancia entre cada uno debido a la competencia, otra vez, con el propósito de maximizar las ventas. En este sentido, el mercado libre afecta la estructura urbana al crear un patrón de distribución racional, a pesar de que no sea su intención explícita. La diferencia con el patrón de distribución inca indica que el último era sobreimpuesto por el estado y no era necesariamente racional desde un punto de vista de redistribución de productos. Las crónicas comentan que los ciudadanos de Huanuco Pampa se quejaban regularmente de tener que llevar sus cosechas a sitios lejanos. Pero, ¿con qué propósito?

Estudios sobre la distribución de los centros demuestran claramente su función social al igual que política. Los incas lo usaban para consolidar su hegemonía política y militar. Los centros de bóvedas más grandes, Huanuco Pampa, Pumpu y Huan Xuaxa, por ejemplo, estaban localizados cerca de los centros administrativos. Estos se usaban para alimentar las fuerzas militares y burocráticas; la distribución de los alimentos en la población era una función secundaria dentro del contexto imperial. Los almacenes se usaban para alimentar las casas de huéspedes en las carreteras—a distancia de un día a pie entre cada una. Sólo los representantes del imperio, oficiales y militares, se podían quedar en las mismas. A medida que el imperio inca se iba extendiendo, se construían bóvedas en la periferia para más ágilmente expandirse y controlar amenazas a su existente poder.⁸⁷

Aunque cada grupo de bóvedas estaba localizado relativamente cerca de regiones poblacionales, esto se debe principalmente al alto costo de transportación. Relativo a nuestros sistemas de transporte moderno, resultaba excesivamente costoso transportar comidas de una ciudad a otra. Por lo tanto, la producción agrícola tendía a dirigirse para la población local. Cuzco utilizaba sus carreteras no para obtener productos, sino para abrir líneas de comunicación militar, al igual que el de transporte de objetos de alto valor con poco peso. Una carta podía llegar desde Quito a Cuzco en menos tiempo del que toma ahora: una semana. El uso de la carretera, el quipu y la bóveda fueron cruciales para la hegemonía inca.

Conclusión

La agricultura y el consecuente crecimiento de una sociedad es una navaja de doble filo; hiera al individuo mientras que lo fortalece. A pesar de que el desarrollo del sistema de canales de México fue descentralizado, en comparación con el de Egipto, creó una sociedad que le confería una tremenda cantidad de poder a la elite. Aunque la elite azteca había sido alimentada literalmente por sistemas de irrigación individuales, pudieron consolidar masas de indígenas para crear un sistema extenso de acueductos. Tal es el proceso que nutre a la sociedad al igual que rinde poder político a la elite; gradualmente la dependencia ligaba los intereses de la elite con los intereses generales de la comunidad.

El desarrollo de estas relaciones sociales ha sido caracterizado de maneras muy diferentes. Los marxistas irónicamente lo caracterizan negativamente, mientras que los funcionalistas pintan sus beneficios más positivamente. Ambos distorsionan la realidad compleja de estas sociedades. La elite no siempre actuaba para el beneficio de la sociedad en general. Contrariamente, un sistema que es completamente perjudicial a la comunidad eventualmente se derrumba, tal como ocurrió en Teotihuacan y el conflicto entre la elite religiosa y la comerciante. Como dijo Bertrand Russell, el sistema social tiende a balancearse entre los dos extremos del totalitarismo y la anarquía, moviéndose a un lado durante ciertos periodos, con reacciones que luego mueven la balanza hacia la dirección contraria.

No obstante, si comparamos estas sociedades con la actual, notamos marcadas diferentes actitudes hacia la alimentación. Mientras que la idea de la comida ocupaba porciones sustanciales de su vida cognitiva, el alimento en la nuestra recibe atención solo por su exceso. La tomamos por sentado porque es barata y disponible libremente—por lo menos en ciertas partes del mundo.⁸⁸

Capítulo 8

LA BIOLOGÍA Y LA MEDICINA AZTECA: EL ALMA Y LA MUERTE

*La vida es la combinación de todas aquellas fuerzas
que resisten la muerte.*⁸⁹

—Marie François Xavier Bichat

Aunque la medicina y la biología están ligadas, su relación no es necesariamente una muy íntima. Los médicos por cientos de años han podido curar sin saber el porqué biológico de su cura. Al aplicar hierbas al azar, se descubría accidentalmente que algunas curaban cierto tipo de enfermedades en categorías no-muy-bien definidas. Un ejemplo exitoso del método es la cinchona para curar los que ahora podemos distinguir como la malaria. Fue descubierta por indígenas en las Indias y traída a Europa por los Jesuitas. Pero se estima que, en la mayoría de las veces, hierbas no tenían efecto alguno. La habilidad terapéutica de la medicina occidental estuvo severamente limitada hasta el fin del siglo XIX con la creación de la bacteriología, a pesar de su gradual desarrollo conceptual desde el siglo XV.

Parte de la causa de la separación de la medicina como cura y la biología como entendimiento se debe a que el mecanismo biológico que opera a nivel molecular y, por lo tanto, invisible al ojo humano. Hasta que no se crearon las herramientas factibles como la cristalografía y nuevas ciencias como la química, no se supo que tales mecanismos existían y mucho menos cual era su naturaleza. Aún hoy, la mayoría de estos procesos no son directamente visibles sino indirectamente estudiados. Este hecho ha tenido varias implicaciones para la historia.

El primero es que podemos ver un grado de similitud bastante amplio entre todas las medicinas del mundo durante la mayor parte de su historia, por ejemplo, la española colonial y la azteca precolombina. A pesar de leves diferencias de términos usados y sus métodos curativos, la estructura intelectual básica era parecida—el humoralismo. Bajo esta, el cuerpo solamente se podía entender por signos visibles externos que se generalizaban a procesos universales como la cólera y el “carácter colérico”. Estas similitudes epistemológicas facilitaron los procesos de sincretismo entre las dos culturas en el campo de la medicina, parecido al sincretismo que ocurrió en los campos de la religión y de la arquitectura. Hubo una amalgamación entre las dos culturas mediante la cual la medicina española se usaba como caparazón social que escondía la presencia de la medicina indígena al

Rodrigo Fernós

conquistador colonial. La indígena coexistía dentro de la española, permitiéndole su sobrevivencia.

Otro fenómeno que podemos ver es que los procesos de vida se antropomorfizaban de una manera no muy diferentes a la antropomorfización de procesos naturales históricamente. Se les daba atributos humanos al fenómeno, independientemente de la materia que los creaba. Surge la conceptualización del alma como el *modus operandi* de la vida que captura todas las particularidades que hacen un individuo, al igual se utiliza como determinante de la vida y etiológica de su pérdida. Existían procesos epistemológicos parecidos entre las dos culturas, la indígena precolombina y la española colonial.

El concepto del alma en el mundo occidental

El tratar de entender la vida implica el estudio de la muerte; los dos son fenómenos íntimamente relacionados. Aunque la muerte es un evento universal, del cual ninguna criatura viviente se escapa, es un hecho psicológicamente doloroso de enfrentar. Nuestra mortalidad rinde nuestra salida eterna del mundo. Esta dificultad psicológica quizás explica la prevalecía de algún concepto del “alma” tantas sociedades. El pensar que seguiremos viviendo eternamente después de nuestra muerte funciona como atenuante paliativo que apacigua una realidad dolorosa. El concepto del alma da permanencia a la impermanencia del individuo.

Que el alma sea una construcción humana es demostrada por la gran variación de su definición cultural entre las diferentes sociedades. No todas las culturas han definido el alma como se hace hoy en que se considera que esta captura la esencia de la personalidad individual. Por ejemplo, los indios Trio de Brasil creen que al morir, el alma permanece, pero cambia de forma y se une a un tipo de “sopa universal de almas”.⁹⁰ Los individuos son diferentes porque, al nacer, obtienen diferentes partes de esta sopa. En este caso se ve que el alma captura la particularidad del individuo, pero solamente temporalmente. Otra diferencia sustancial con el concepto moderno es que el alma sale del cuerpo durante el sueño, peligrándola al posiblemente ser capturada por un shamán durante su viaje. La definición difiere del concepto católico en que el alma reside permanentemente en el cuerpo hasta la muerte.

Si algunos cristianos opinan que es blasfemia tratar al alma solamente como una creación humana, es interesante ver que el concepto ha variado dentro de la misma historia del cristianismo. Como el resto del legado intelectual occidental, su origen conceptual reside con los griegos. Platón, quien dividió la realidad entre el mundo de las ideas y el físico, pensaba que el alma originaba en el primero, regresando a este después de la muerte. Como todos nuestros conocimientos originaban del alma, lo único que teníamos que hacer era pensar para llegar a verdades universales que ya teníamos dentro de

nosotros; tal era la fuente de las verdades universales en las matemáticas y la filosofía.

Aristóteles criticó esta perspectiva al señalar que, ¿si ese era el origen del alma, porqué entonces no todos sabían matemáticas o eran geómetros? Aristóteles modificó el concepto al argumentar que el alma originaba solamente al nacer el cuerpo humano, y dejaba de existir con su muerte. También argumentó a favor de un tipo de santidad del alma humana tener el poder de escrutinio y contemplación. Los dioses eran dioses porque podían estar eternamente en un proceso de contemplación mientras que el hombre tenía que dejar de pensar para comer y dormir. Para Aristóteles, el cuerpo modificaba el alma; no era una entidad absoluta, eterna y sin cambio irrespectiva de la realidad física.

Para San Agustín, el alma no provenía de lo divino sino que era un tipo de criatura individual. No obstante, obtener conocimiento de Dios era análogo al proceso platónico en que solamente teníamos que mirar hacia “adentro”, no hacia “afuera” al mundo exterior que desvirtuaba la búsqueda. Santo Tomás de Aquino en el siglo XIII hizo otras modificaciones al concepto occidental. Aunque el alma afectaba el cuerpo, el cuerpo no tenía un impacto directo a esta como alegaba Aristóteles. Al morir, el alma dejaba el cuerpo y se dirigía al cielo. Pero Santo Tomás dejó abierta la posibilidad de que el alma pudiese regresar a la tierra y realizarse en un nuevo cuerpo—ideología conocida como la reencarnación. Esta diferencia de interpretación creó conflictos teológicos al surgir varias cuestionantes, tal como la pregunta de si el alma de un ser viviente actual representaba a si mismo o un ser anterior. Dicho modelo fue rechazado por los teólogos católicos posteriores a Santo Tomás. No obstante, se observa los múltiples conceptos del alma en la historia de la cristiandad.

Desafortunadamente la idea del “vitalismo”, íntimamente ligado al concepto, inhibió el desarrollo de la biología. Al argumentar que los procesos de la vida eran distintos de otros procesos naturales, se orientaba la perspectiva afuera de los procesos naturales que de otra manera la hubiesen ayudado a dilucidar. Aunque en 1830 todavía se aceptaba el vitalismo como válido en Europa, fue decayendo a lo largo del siglo XIX con los trabajos de científicos de Leibig, Bernard, y otros. Rene Descartes en el siglo XVII es una figura curiosa que representa un periodo de transición entre los dos mundos, el medieval religioso y el moderno secular.

La importancia de la glándula pineal para Descartes solamente se puede entender si se acepta como válidos los dos mundos en que este se encontraba. Descartes argumentó que la glándula pineal unificaba el campo del espíritu, o sea el alma, con el campo de lo tangible. Aunque hoy se rechazaría tal argumento como absurdo, se puede ver la glándula pineal como una metáfora de los que Descartes mismo estaba tratando de hacer: unificar dos mundos intelectuales incompatibles. Thomas Kuhn llama a esta incompatibilidad una “inconmensurabilidad”. Lo absurdo de la ardua y seria

Rodrigo Fernós

búsqueda de Descartes, desde el punto de vista moderno, solamente se puede entender si le damos validez a los problemas que este genuinamente pasó tiempo tratando de resolver.

El concepto del alma en el mundo azteca

La validez que la sociedad azteca le daba al alma es algo incomprensible desde la perspectiva moderna. Este concepto los llevaron a actos que hoy se considerarían criminales e de poca racionalidad. En ceremonias que duraban varios días, miles de prisioneros capturados se llevaban a la cima de pirámides para ser sacrificados, arrancándoles literalmente el corazón del pecho. La ideología insistía que la captura de estos prisioneros era necesaria para mantener el orden del mundo y, en específico, mantener el ciclo diurno. El dios del Sol, Tonatuih, en su nacer carecía la energía suficiente para dar su vuelta, y los otros dioses se sacrificaron a sí mismos para darle el ímpetu que le faltaba. De la misma manera, la sangre y los corazones de los prisioneros ayudaba que la noche no durara para siempre, implicando el fin del mundo. El sacrificio humano garantizaba la continuidad cíclica del proceso diurno. Las lágrimas de los niños que iban a ser mutilados facilitarían las lluvias tan necesarias para la agricultura de Tenochtitlán. El alma del individuo estaba íntimamente relacionada con el alma del imperio. Si muchos consideran que los españoles eran bárbaros en su tratamiento de los indígenas, no se debería subestimar la barbaridad que existía entre ellos mismos.

Tampoco se deberían condenar. Los rituales no eran intencionalmente crueles sino que se veían afectados por la “ciencia” o entendimiento del mundo natural de su época. La racionalidad del proceso se puede observar por varios hechos. Su cultura, irónicamente, valorizaba la moderación, parecida a la moderación aristotélica occidental; era la filosofía principal de los grupos sociales. Mientras que el inicio de actividades sexuales a una edad temprana le quitaba a personas la nobleza esa categoría, por medio de la labor disciplinada un comunero podía aumentar su posición social.⁹¹ En comparación con el canibalismo de las tribus indígenas en Papua Nueva Guinea, los aztecas no mataban para suplementar su dieta vegetariana. Aunque se puede decir que algunos nobles participaban en los rituales al ingerir algunas partes del cuerpo, las víctimas de estos rituales no se cocinaban para alimentar al cuerpo social.

La carencia de fuentes de proteína animal en la dieta azteca eran suplidas por la sofisticada combinación de combinaban diferentes vegetales y legumbres para crear proteínas completas. No es cierto que el cuerpo humano necesite la carne animal para obtener proteínas. Si la combinación adecuada de comidas se ingiere en el transcurso de 24 horas, el mismo cuerpo humano combina sus diferentes aminoácidos para crear las proteínas. Un ejemplo sería el arroz y las habichuelas, dieta típica puertorriqueña; en el caso azteca las combinaciones consistían de calabaza, maíz, habichuelas, chile y tomates,

complementados de vez en cuando por insectos y mamíferos pequeños. Ingerían un alga, llamada “tecuitlatl”, alta en proteína y en niacin, una sal carente en el maíz. Sus métodos de agricultura eran sorprendentemente efectivos, tales como las chinampas, o la siembra en tierra dentro de un lago.

El concepto azteca precolombino del alma difiere del actual. Consistía de tres elementos: 1) “yolia” o “teyolia”, 2) “tonalli” e 3) “ihiyotl” o “ihiotl”. El primero era el más parecido a la idea moderna del alma, el segundo a la conciencia racional y el tercero al “id” freudiano. Estos tres elementos del alma también representaban tres diferentes partes del cuerpo, es decir, el corazón, la cabeza y el hígado, respectivamente. Los aztecas consideraban el hígado como la fuente de las pasiones, en comparación con nuestro uso del corazón para representar las emociones. Se entendía que el tonalli se debilitaba a manera que envejecemos y que se evacuaba durante la el sexo y el sueño, concepto parecido al de la tribu trio de Brasil. Se caracterizaba a la yolia como un pájaro. Cuando un infante moría, su yolia iba a un árbol donde esperaba hasta que otro infante naciera, así volando a este. Parecidamente, si una persona moría, se le ponía una roca en la boca para capturar su yolia durante su “vuelo”. Se opinaba que la temperatura del cuerpo reflejaba la fuerza de su tonalli, dato curioso dado que el cuerpo pierde temperatura a manera que va envejeciendo, así demostrando el “debilitamiento” observado por los Aztecas.

Estos tres conceptos definían el alma, y así condicionando los conceptos y practica de la medicina azteca sobre el cuerpo en la cual este alma residía.

Practicas médicas aztecas

La epistemología de la medicina azteca es parecida a la de la medicina africana; un factor predominante en su análisis etiológico era el uso de las analogías.⁹² Por ejemplo, el comer semillas de árboles grandes convertirían a una persona gorda (como el árbol) y las madres comían hojas de “cuetlaxochitl” para producir más leche. El colibrí disecado, parecido al órgano sexual del varón, se usaba para el romance. La idea del contacto físico en la medicina africana, la diseminación de cualidades de una entidad a otra al tocarse, también existía en la medicina azteca. Una mujer se aseguraría del amor de su esposo al poner un poco de su sangre menstrual en la bebida de este. La idea también se extendía al mal olor, que se percibía como causa de enfermedad y muerte. Un número de mitos aztecas, tal como la batalla entre Quetzalcoatl y Tezcatlipoca para el control del grupo tolteca, relata el uso del mal olor de los cadáveres en la estrategia militar. Parecido al ritual africano, los médicos tiraban bellotas o cualquier semilla de árboles, sobre un mantel para determinar el estado del paciente. Si caían en líneas paralelas, entonces, predicaba buen futuro para el mismo.

Rodrigo Fernós

Pero había diferencias específicas entre la medicina africana y la azteca en términos de los dioses y elementos explicativos. Todas las enfermedades eran causadas por el dios Tezcatlipoca y el estado de salud era principalmente determinado por el tonalli de una persona. El mundo se definía como una serie de espíritus en choque, que siempre trataban de absorber el tonalli del individuo. Los aztecas evitaban la cuevas porque estas eran frías y, por lo tanto, malas para su tonalli. De mismo modo, las acciones que removían el tonalli, tendían a ser vistas como negativas, particularmente si se practicaban en exceso. Los hombres que tenían demasiada actividad sexual cuando jóvenes nunca maduraban completamente. La idea predominante de estos ejemplos es que el cuerpo, en particular su alma o “tonalli”, eran “calientes”; aquellos actos “fríos” disminuían su tonalli, es decir la salud y vigor del individuo. Esta idea humoral origina con las observaciones básicas de la vida y la muerte. El cuerpo sin vida es uno frío, mientras que el cuerpo con vida es uno caliente.

En general, se estima que los aztecas tenían un estado de salud relativamente bueno. Mientras que el promedio de vida en Francia durante el siglo XVIII era de 29 años, el promedio de vida en el mundo azteca era de unos 35 años. Los estudios de huesos revelan que el número de enfermedades graves no era tan alto como en Europa. Aunque la sífilis se origina en Mesoamérica, su largo periodo de estadía en las Américas significaba que esta enfermedad de transmisión venerea no tenía un impacto tan negativo como lo tuvo en Europa a su llegada.⁹³ (Los aztecas habían descubierto una hierba para aminorar sus efectos.) Buenos acueductos ayudaron a mantener una buena sanidad en Tenochtitlán. Las enfermedades comunes incluían la disentería, la pulmonía, la artritis, la leishmaniasis, la enfermedad de Chagas y la salmonela.

La etnobotánica y las enfermedades gástricas en Chiapas

Que los aztecas existieron hace unos 500 años no necesariamente significa que sus ideas se han desvanecido; lo mismo podríamos decir de las ideas galénicas al nivel popular hispánico. Estas ideas persisten entre sus descendientes y son regularmente estudiadas por la etnomedicina, la etnofarmacología y la antropología de la medicina.⁹⁴ Durante las décadas de 1960 y 1970, se demostró que la medicina mesoamericana no era tan primitiva como se tendía a opinar. Debido a la prominencia del fenómeno supernatural, esta medicina se percibía como primitiva e ineficaz. Pero estudios más sofisticados, que analizan el contenido farmacológico de la hierbas usadas demuestran que en una sorprendente mayoría de casos, estas tienen efectos medicinales beneficiosos. Su mitología religiosa escondía su efecto antibacterial.

En su estudio de dos grupos mayas en la región de Chiapas, México, los tzeltal y los tzotzil, los antropólogos Elois Ann Berlin y Brent Berlin demostraron que la mayoría de unas 38 especies de hierbas usadas para tratar

enfermedades gastrointestinales tenían propiedades medicinales. La hierbas de la especie *Baccharis*, por ejemplo, usadas para el tratamiento de la diarrea común producto del *E. coli*, demostraban propiedades antibacterianas y espasmolíticas.⁹⁵ Se podían ver funciones parecidas en un sinnúmero de otros medicamentos indígenas. Las enfermedades del estómago, tales como la diarrea, los gusanos, y los dolores abdominales eran las más comunes de la región.

El entendimiento indígena etiológico era parecido al de sus ancestros mesoamericanos. Definían los estados de enfermedad como fríos y, por lo tanto, la mayoría de las recetas usadas se consideraban “calientes”. La preparación general consistía en hervir hojas o raíces en agua caliente. Lo opuesto ocurría en casos de la diarrea que contenía sangre, un elemento “caliente” del cuerpo. En tales ocasiones, la idea era obtener una hierba “fría”. Nótese que este término no necesariamente se refiere a la manera en que se preparaba el remedio dado que en la mayoría de los casos, un té se hace con de agua caliente. Los términos “frío” o “caliente” se referían a las propiedades intrínsecas de las plantas, no a la medida en centígrados de su temperatura actual.

Curiosamente, el estudio demostró que aunque la explicación de una enfermedad podría ser supernatural y sugiriendo así la asistencia de un shamán, en la práctica estos tendían a auto medicarse con hierbas medicinales. Dudaban de sus médicos tanto como hacemos hoy día.

El sincretismo médico:

yauhtli = flor de Santa María = *Tagetes Lucida*

Se podría criticar que el caso maya no necesariamente demuestra el sincretismo. Después de todo, aunque la región se encuentra en México, se trata de un grupo principalmente maya, no azteca. Como se ha visto antes, no todas las regiones de México fueron conquistadas por los aztecas. Aunque estos son buenos señalamientos, la crítica no es válida.

La conquista de los aztecas forzó un sincretismo médico debido a que los indígenas tenían que evitar la furia de la Inquisición española. Por lo tanto, escondieron sus ideas y prácticas debajo de términos y rituales españoles. Aunque algunas de estas prácticas existen hoy día, otras no sobrevivieron. Mantener el panteón complejo de los dioses requería la existencia de una elite religiosa, que había sido eliminada durante la Conquista. Los dioses que sobrevivieron eran aquellos que tenían el uso más común y extenso, tal como el dios Tlaloc de la agricultura. Los rituales y medicinas asociados no solamente sobrevivieron el periodo de la Conquista, sino que fueron incorporados a la medicina española colonial y todavía sobreviven hoy. Un buen ejemplo es la planta conocida por los aztecas como “yauhtli”, cuyo nombre científico es *Tagetes lucida*, y que se conoce comúnmente como “flor de Santa María”.

Rodrigo Fernós

El uso de esta hierba fue documentado por Fray Bernardino de Sahagún, un sacerdote que acumuló todo tipo de información azteca con el propósito de convertirlos al catolicismo. El uso de la especie esta registrado en el Código Florentino, con el fin de lidiar con enfermedades causadas por un exceso de flema. La mata contiene los químicos quercitagritin y kaempferitin que son un diurético y laxativo, respectivamente. Su uso también se asociaba con enfermedades ocasionadas por el “viento frío”. Los curanderos coloniales también la valorizaban al esta ser un alucinógeno. Curiosamente, fue incorporada en la medicina española para tratar síntomas tales como la edema, el vomito, las fiebres, la parálisis, la epilepsia y otras. Lo que se nota es que se pierde la etiología indígena al contextualizarse dentro de un esquema galénico, mientras que se mantiene su práctica viva.

Hoy en día, todavía se usa la planta para las mismas enfermedades por comunidades mexicanas, al igual por las comunidades mayas en Chiapas. *Tagetes lucida* aparece en la lista de hierbas usadas por los mayas, principalmente para curar enfermedades gastrointestinales.

Conclusión

La interpretación occidental de la medicina mesoamericana que predominaba durante la década de 1950 le restaba credibilidad como método terapéutico debido a que su método de descubrimiento carecía de una fundación científica rigurosa. Ciertamente, el pensamiento azteca era intrínsecamente religioso, que tuvo la función de lanzar a este grupo a un periodo de expansión brutal e igualmente influenciaba muchos aspectos de su medicina. No obstante, como se ha visto, esta interpretación no es correcta. Aunque no se pone en duda que predominaban tales elementos religiosos, tampoco se debe de concluir que su medicina también era un mito falso. La ruta a la verdad no es una línea recta. La división que existió entre la medicina y la biología significa que la medicina occidental, a través de gran parte de su historia, también se basaba en búsquedas inciertas y no-muy-rationales; dicha interpretación se basaba en una falsa auto-imagen de su historia actual, deconstruida por historiadores de la medicina. La división, curiosamente, no inhibió el progreso terapéutico azteca. Su mitos llevaron a los aztecas a explorar y aprovechar la biodiversidad que los rodeaba para mejorar su calidad de vida, y descubrir tratamientos eficaces. No permitieron que el concepto del alma interrumpiera su búsquedas de terapias para el cuerpo humano.

Capítulo 9

LA CAÍDA DE LOS ESTADOS GRANDES: LA PEREZA DEL HOMBRE

*La sociedad no es una colección de personas sino un sistema de relaciones; es un campo de interacciones entre dos o más agentes.*⁹⁶

—Arnold Toynbee

¿Por qué las grandes naciones entran a un periodo de decadencia y finalmente mueren? Si los beneficios del estado grande—la seguridad colectiva o la defensa contra la sequía—son amplios, ¿por qué entonces estos beneficios no siguen actuando a favor de la cohesión social? En el América Latina colonial, las civilizaciones pre-colombinas decayeron, a pesar de sus grandes avances científicos y tecnológicos. ¿Que provocó esta caída? Las preguntas tienen vigencia hoy. No importa cuan “fuerte” o “eterna” se asuma que sea la sociedad actual debido al nivel de sofisticación científico y tecnológico, siempre es posible que entre en un periodo de caída y disolución colectiva. Tal es la posibilidad, que quizás deberíamos cambiar el refrán: lo único que los humanos no puede evadir son la muerte, los impuestos... y la historia.

Pero, ¿a que nos referimos cuando se alega una “caída de civilización”? Después de todo, se podría notar que las personas mueren, pero las sociedades se modifican. Podría ser una proyección errónea de ciclos humanos a entes colectivos con dinámicas y realidades diferentes? ¿Es un reduccionismo falso tal como se dió en la historia de la biología, el cual trató de explicarlo todo basado en la física?

El uso del término “caída de civilizaciones” refiere a la disolución social y no a la pérdida de un imperio, aunque en algunos casos no se puedan diferenciar.

El primer caso es diferente al segundo dado que es una reducción grave de la complejidad social; su fundamental estructura cambia irreversiblemente. El orden, el comercio, la agricultura común y la actividad social “científica” o “tecnológica” caen a un nivel de mayor simplicidad en comparación con lo que le antecedió. La civilización en su totalidad deja de ser “civilización” debido a que las unidades sociales que originalmente la componían se separan de esta, moviéndose a otra vez a un estado de orden arcaico que precedían su formación. Los que continúan residiendo en el área décadas después miran en asombro de lo que existía antes, sintiéndose quizás

Rodrigo Fernós

como los primeros arqueólogos occidentales al descubrir la civilización que le precedía. La miran como un mundo ajeno, sin entender el porqué ni el como de lo que ven. Los nuevos grupos no pueden construir monumentos inmensos y tienden a habitar en los previos hasta que se derrumban, luego construyendo otro sitios simples en donde alojarse. La compleja y elaborada jerarquía social se convierte en una simple orden tribal.

En el segundo caso, la pérdida de imperio, la sociedad nuclear se mantiene viable. Aunque se observa una reducción en la complejidad de transacciones económicas, la misma consiste en una reducción cuantitativa en vez de cualitativa. El orden social como tal no cambia significativamente en comparación con el primer caso debido a que el núcleo se mantiene diferenciado en su complejidad social; el nivel de especialización quizás aumente. Habrán dificultades que parezcan ‘crisis’, pero no es una crisis al nivel fundamental de una sociedad. Un ejemplo podría ser la caída del imperialismo español. A pesar de que España perdió la gran mayoría de su imperio a principios del siglo XIX, no se desintegró, ni cesó de ser estado nacional europeo. Ciertamente hubo problemas económicos, pero los grupos sociales no se segregaron en unidades distintivas. Aquel estado siguió siendo viable por más de un siglo, manteniendo las últimas franjas de su imperio, Cuba, Puerto Rico, la Filipinas y otras islas en el Pacífico, hasta su pérdida en la Guerra Hispanoamericana. Todavía España sigue siendo “España” y no ha caído en el estado de barbarie al que decayeron los mayas después de su gloriosa edad de oro.⁹⁷

Hay numerosas explicaciones sobre la caída de las sociedades complejas, la mayoría de las cuales tienden a ser limitadas a sus casos históricos particulares. “X” sociedad cayó por “A, B y C” condiciones circunstanciales. Algunas teorías de este tipo son: la presencia de invasores, catástrofes, cambios climatológicos o conflictos sociales internos. Desafortunadamente, estas explicaciones tienden a ser únicas para cada civilización, y raramente se pueden generalizar y aplicar para entender alguna otra civilización “Y” o “Z”. Existen un segundo tipo de explicaciones de carácter más generalizado, como las de Toynbee. Pero el problema principal con este tipo de teorías es que, a pesar de tener un carácter más amplio, tienden a utilizar problemas que siempre estuvieron presentes. Si el primer tipo de explicación era excesivamente histórica y anticuario, el segundo tipo carece de sofisticación histórica. Parecido a la problemática de la teoría de la dependencia moderna, estos se refieren a factores que siempre han estado presentes en la historia de las sociedades, y que, a su vez, fueron las mismas causas que crearon el estado grande en el primer lugar.⁹⁸ Las causas del éxito resultan las mismas causas del fracaso, manteniendo así problemas interpretativos.

No se intenta sugerir que el señalamiento le quite validez; las causas del éxito pueden ser las mismas causas del fracaso de acuerdo a los ambientes respectivos en que operan los actores históricos. No obstante, el punto

importante de señalar es que los estados grandes habían confrontado problemas parecidos durante su crecimiento, pero estos retos no los habían llevado a su caída permanente. La sociedad como entidad se forma básicamente para proteger a los individuos contra los eventos negativos y, por lo tanto, no se pueden usar como explicación *sine qua non* de su desaparición. Aún cuando se señala que el fenómeno ocurre por causas múltiples, raramente se propone un modelo adecuado que conteste el porqué de la dinámica interna. Uno de las teorías más interesantes que evita estas dificultades es la de Joseph Tainter (1988).

Joseph Tainter: el precio de la complejidad

Aunque Tainter rechaza los modelos “biológicos” de la sociedad—concepto de Oswald Spengler que las sociedades eran como animales que nacen, crecen y mueren—su modelo se podría clasificarse como biológico en otro sentido. Tal como el crecimiento de la estructura animal varía dinámicamente con los requisitos físicos a cierto nivel de tamaño, las sociedades son afectadas por los requisitos económicos en las diferentes etapas de su crecimiento. Por ejemplo, la infraestructura física de una abeja es diferente a la de un elefante en que la piel de la primera sirve como su esqueleto, algo que en el elefante no podría ocurrir debido a su peso masivo.⁹⁹ De forma análoga, la organización de las sociedades grandes se diferencia sustancialmente de la sociedad tribal.

La idea de Tainter es simple como es amplia, que explica su poder explicativo; este utiliza como guía una curva gaussiana o de campana. Al principio, las sociedades crecen rápidamente por los beneficios que la aglomeración de recursos colectivos tienen en la sobrevivencia de los individuos que la constituyen. Mencionados antes, estos incluyen la protección contra invasores o la estabilidad de recursos nutricionales. La vida del individuo en un grupo social mayor mejora *visa-vie* sus costos. No obstante, a medida que una sociedad se desarrolla y aumenta en tamaño, surgen ciertos costos relacionados directamente con su tamaño, refiriéndose aquí por la complejidad social o el aumento en el número de grupos sociales que constituyen tal civilización. La complejidad de una sociedad se puede mantener viable solamente hasta cierto punto de crecimiento, su punto máximo en la curva de campana.

A medida que la sociedad sigue creciendo, los costos de esta complejidad aumentan más rápidamente que sus beneficios, creando el punto descrito por la ley de rendimiento menguante.¹⁰⁰ Mientras que al principio existen muchos beneficios para unificar los diferentes miembros de tal sociedad (la primera parte de la curva), los costos suben tan rápidamente que, después de cierto punto (cima), es más beneficioso a las unidades nucleares de la sociedad separarse de ella (segunda parte de la curva). La vida del

Rodrigo Fernós

individuo en un grupo social excesivamente grande empeora *visa-vie* sus beneficios.

Es importante señalar que la curva de Tainter refleja el margen de productividad y no la productividad absoluta. Una sociedad puede tener una gran economía, como la tenían los aztecas, que en términos absolutos siguieron creciendo poco antes de su periodo de caída. Pero la idea principal de Tainter es que el crecimiento de la complejidad social llega a una cima de eficiencia, que se reduce después de cierto punto determinado en parte por su nivel tecnológico. Durante este periodo transitorio, el costo humano para producir tales beneficios incrementa drásticamente. Su deficiencia aumenta. Los costos son tan altos en la producción de comida y el rendimiento de sus servicios que es más viable para las diferentes unidades sociales buscar sus propios recursos alimenticios que recibirlos en el contorno social. El mercado cesa de existir. Uno de los ejemplos clásicos de la caída de la civilizaciones es Roma.

En el caso de la Roma, los costos del imperio siguieron ascendiendo hasta el punto que las alzas en impuestos no remediaban significativamente los problemas sociales y, contrario a lo esperado, llegaron a crear una desafección del proletariado urbano y rural contra la elite. Roma no ha sido la única. La dinámica de la ley de rendimiento menguante sucede en todas las organizaciones que crecen en complejidad, desde el gobierno público hasta la industria privada. La reducción de costos no baja en relación con ese incremento de inversión o complejidad, sino que, al contrario, crece exponencialmente. En las mejoras de la eficiencia de los carros, mejoras en la agricultura de la China, el numero de patentes relativos a la inversión, y aumentos en el precio por paciente en la medicina estadounidense, vemos declives de deficiencia a manera que su complejidad aumenta.¹⁰¹ Como las plumas del avestruz, que tiende hacia su muerte, no todo lo grande es necesariamente bueno o deseable.

Una analogía que puede explicar la idea de Tainter es un juego de ajedrez. Si comparamos al ajedrez con el juego de damas, el primero es más complejo porque hay un número mayor de piezas con más diferentes movidas. En el juego de damas, donde cada pieza se mueve casi idénticamente a las demás, toma menos tiempo que el de ajedrez debido a su simplicidad relativa. Ahora, imaginemos que vamos a recrear un nuevo juego con un número mayor de piezas y movidas, por ejemplo un ajedrez tridimensional. El aumento en el tiempo que tomaría jugarlo incrementaría exponencialmente relativo el número de fichas, potenciales movidas, etc. Por lo tanto, a medida que el número de piezas sigue aumentando, llega hasta un punto donde se hace imposible jugar el juego por su complejidad. El juego deja de ser “juego” al ser extremadamente complejo; mejor dejárselo a las computadoras.

Este aumento en complejidad y tiempo es parecido al cambio que sucede en las sociedades a manera que aumentan en tamaño y complejidad.

Cuesta tanto “jugar” dentro de la sociedad, que resulta ser más beneficioso salirse del “juego” hacia algo de mayor simplicidad.

Casos particulares

Podemos ver ilustrado el modelo de Tainter en las tres sociedades indígenas de Suramérica precolombina: la maya, azteca e inca. Los discutiremos en dos grupos separados: los Maya primero y luego los Azteca y Inca juntos. Existen varias razones por esta división. La sociedad maya antecedió a la azteca y inca por medio de milenio, “terminando” alrededor de 1000 DC., las últimas dos siendo relativamente recientes en la historia humana. Más importante aún es el factor externo europeo que tuvo en la caída de los últimos dos grupos. Hernán Cortés en México y Francisco Pizarro en Perú “destruyeron” las sociedades azteca e inca respectivamente. Aunque a primera vista se le podría atribuir la superioridad tecnológica a los españoles, el hecho es que el metal tuvo poco que ver con la caída mesoamericana del siglo XVI. Otros factores fueron importantes en la victoria española.

I: Conflicto Interno: la sociedad maya

A la luz de las ideas de Jared Diamond, es sorprendente que los mayas surgieran, llegando a su apogeo en el siglo IX. Estos nunca tuvieron animales de carga, y toda labor era hecha por manos humanas. Bajo estas condiciones es casi imposible importar comida de regiones lejanas, que aumentaba un 33% de precio por cada 100 millas transportadas por tierra. Una de las ciudades más grandes, Tikal en el Yucatán, llegó a tener densidades poblacionales más altas de las que se encuentran en la Europa moderna: 49,000 personas en un área de 16 km² alrededor de 700 DC. Podemos tener una idea de la labor involucrada por las cifras de sus antecedentes alrededor del siglo I DC. La población de Teotihuacan construyó un sistema tan grande de canales, que se estima que la cantidad de tierra removida sobrepasaba los templos del Sol y la Luna. 10 millones de metros cúbicos de suelo se extrajeron para canales de 180 kilómetros, constituyendo 10 veces el volumen de material que contiene en la Pirámide del Sol, situada cerca de la capital del México moderno.

A pesar de su grandeza durante el último cuarto del milenio, la civilización maya empezó a decaer. El comercio disminuyó, las alianzas se rompieron y los conflictos regionales aumentaron para 790 DC. Desde entonces hasta 830 DC, la población cayó rápidamente en número, dejaron de construir las pirámides, y para 909 AC el reino como tal ha terminado.¹⁰² Tikal, por ejemplo, disminuyó a unos mil a dos mil habitantes ¿Qué paso?

Los mayas crecieron hasta tal punto de tamaño, que agotaron los recursos naturales locales, ocasionando así una catástrofe ecológica y agrícola—que en si provocó a un aumento drástico de conflicto militares y

Rodrigo Fernós

regionales debido a la escasez de recursos. Su pesado tamaño social desplomó la frágil cama ecológica en la cual se recostaba.

Estudios realizados sobre el subsuelo arcaico maya demuestran cambios drásticos en la cantidad de polen de pino. Tal como se utiliza los varios niveles del hielo ártico para analizar las condiciones climatológicas mundiales a través de miles de años de historia, el análisis de la cantidad de polen en los varios niveles del subsuelo revela la cantidad de árboles en la región.¹⁰³ Los cambios en estas cantidades demuestran que la capacidad de carga agrícola llegó a su cima para 595 DC. Para 800 DC la región había sido deforestada. Los análisis de restos humanos, huesos y otros residuos corroboran estos resultados, demostrando que la calidad alimenticia decayó durante el mismo periodo. Todos los huesos, desde las clases elite has la laboral, aumentan en fragilidad y señalan un incremento en parásitos e infecciones. La cantidad de erosión, creada por la deforestación, fue parte del círculo vicioso. A medida que los árboles fueron disminuyendo, se facilitó la erosión masiva. Esta redujo gravemente la capa de mantillo de solo unos 10 a 20 cm, leve en espesor pero importante para la agricultura debido a que contiene el 75% de los nutrientes. Los mayas no tenían la relación idónea a la naturaleza que se les ha atribuido. El uso ilimitado de los recursos ambientales ocasionó la caída de su civilización.

Un factor determinante en la historia de su caída fue la topología del área, la cual es relativamente homogénea. Como no existía diferenciación topográfica al nivel local, tampoco existía diferenciación social en el sentido de limitar la formación de diferentes grupos sociales que intercambiaban productos de sus respectivas regiones.¹⁰⁴ Se estima que esta homogeneidad topográfica, durante tiempos de sequía hacia el final de la civilización maya, contribuyó a una competitividad intensa local que tendría a generar conflictos regionales, cada grupo tratando de quitarle al otros los recursos de los que estos carecían. La violencia aumenta, como ocurrió durante la fragmentación del imperio Romano.

Se ha observado que el arte que representaban prisioneros en los murales de los templos era sumamente violento—un sistema que trataba de mantener el orden durante periodos de paz y abundancia sin tener que usar la violencia por medio de la propaganda y templos altos. El número de templos hacia el final del periodo aumenta drásticamente, lo que requiere aumento en los impuestos que cobraba el gobierno, que a su vez ayudaba a crear una población desafectada.¹⁰⁵ Al aumentar la violencia, hay un efecto contraproducente en la agricultura, que, al disminuir el alimento disponible, pone más presión que en si aumenta la violencia local. Al carecer de comida, un grupo invadiría a otro, creando un sistema de *feedback* positivo que crece sin control. La civilización bajo estas condiciones decayó rápidamente. En un espacio de 50 años, el número de templos bajo construcción se reduce de 45 a solo 8 (800-850 DC); Tikal se reduce a solamente unos mil habitantes.¹⁰⁶

II: Conflicto externo: azteca e inca

El impacto negativo del crecimiento en el grupo maya es quizás algo difícil de ver porque, en comparación con otros, no se extendía tan ampliamente, debido al hecho de que no tenían animales de carga. La expansión drástica de los imperios azteca y inca revelan claramente los altos costos al orden social interno impuestos por esta. En este sentido, los dos casos son más parecidos al del imperio romano, un imperio tan vasto que cuando llegó a su límite de expansión, empezó a sufrir una crisis detrás de la otra, rápidamente decayendo. Como en el caso de Roma, las crecientes debilidades internas debilitó a ambos para confrontar extranjeros en sus bordes, en particular la llegada de los españoles.

Los incas en el Perú y los aztecas en la región de México son casos sumamente interesantes. En ambos, surgió una ideología que ayudó a crear una expansión rápida e cuasi-imperialista, a pesar de las diferencias entre las ideologías entre cada uno. Pero luego ocurre lo que Toynbee explicó en su modelo. Ambos se mantuvieron apegados a la misma ideología, aun en situaciones adversas cuando la ideología no resolvía apropiadamente los nuevos tipos de problemas que confrontaban. Como Thomas Kuhn diría, estos líderes se mantuvieron apegados a paradigmas que deberían de haber reconstruido al surgir anomalías en su aplicación.¹⁰⁷

La expansión azteca después de 1428 fue estimulada en gran parte por la creación de lo que se podría llamar una física religiosa por nuevos líderes mexica, Itzcoatl y su Triple Alianza. Como vimos, se fomentó la creencia popular que el dios del Sol (Tonatuih) peleaba contra la oscuridad, las estrellas y la luna en su subida por el cielo para darle luz a la tierra, creando así el día. Si no se le hacían sacrificios de corazones humanos para Tonatuih, el Sol perdería en su conquista de la noche y los días nunca llegarían. El sacrificio humano garantizaba el ciclo diurno, creándose así una colaboración indispensable entre el pueblo y el universo.¹⁰⁸

Aunque antes habían existido ideas parecidas, su aplicación sistemática por los aztecas creó un nuevo orden social y los condujo a una rápida expansión. La constante necesidad de sacrificios para alimentar el movimiento solar en si alimentó la conquista de territorios vecinos en la periferia. Durante su apogeo en el siglo XV, la cantidad de sacrificios que se hacían alcanzaba más de 10,000 personas en un evento que duraba cuatro días. A pesar de nuestro rechazo de tales ideas, eran aceptadas en su época como un elemento normal de la vida religiosa. La religión y la ciencia se unieron para crear una ideología incuestionable.

De mismo modo, la expansión incaica fue en gran medida producto de una ideología afectada por lo que podríamos clasificar como su ciencia, en este caso la biología. La creación del culto al muerto durante el reino de Pachakuti, finalizando en 1438, dió origen a una expansión rápida durante el

Rodrigo Fernós

siglo XV. Se pensaba que los líderes muertos retenían su vida después de la muerte; sus esqueletos contenían, de alguna manera, el individuo. Tal eran la importancia de estos huesos que se les llevaban a todas las ceremonias oficiales. En estas se les consultaban y se les ofrecían bebidas, como si las personas que representaban anteriormente estuviesen actualmente vivos. Los huesos obviamente no hablaban y tomaban en las ceremonias, sino tales actos eran hechos por sus representantes—de forma análoga a la manera en que la Iglesia Católica pretende ser representante de Dios en el mundo terrenal.

La institucionalización de estas ideas religiosas produjo la rápida expansión incaica de la siguiente manera. Con la muerte de un líder, se adjudicaba control de sus territorios a un ente corporativo llamado “panaqa”, administrado por sus representantes consanguinarios. El nuevo líder adquiría una limitada jurisdicción sobre los recursos económicos del reino al no controlar los panqas de sus antecesores, algo raro en cualquier tipo de gobierno moderno. Por lo tanto, este se veía forzado a iniciar olas de conquista en la periferia colindante por la mera necesidad de obtener fondos administrativos. Las nuevas fuentes de ingresos originaban de impuestos de los residentes en los recién adquiridos territorios colindantes, típicamente agrícolas. Cuando este líder a su vez moría, comenzaba el ciclo una vez más, que expandía la esfera territorial inca. Se formaba otra *panaqa* que tomaba control de su patrimonio económico, instigando al siguiente líder de la siguiente generación buscar otros territorios a mayor distancia del centro gubernamental que generasen ingresos para su administración, *ad infinitum*. El quipu se contextualiza bajo estas condiciones de transición política generacional.¹⁰⁹

Es fácil ver como esta ideología provocaría una rápida expansión territorial a través de varias generaciones, al igual de cómo se incrementaba la ineficiencia administrativa. Cada cambio de gobierno implicaba una mayor distancia entre este y su fuente de ingreso. El proceso también propiciaba una creciente burocracia no-productiva, en el cual un mayor porcentaje de las tierras agrícolas producían alimentos solamente para mantener estos panaqas, limitando los recursos agrícolas al resto de la población. Por si no fuera poco, todos los líderes muertos mantenían control legal de los territorios que habían adquirido mientras vivos, severamente restringiendo la soberanía gubernamental. Cada nuevo “líder” no era líder de facto de la totalidad social, y tenía que litigar con los líderes anteriores (sus representantes consanguinarios), que también se proclamaban monarcas. Podemos ver con facilidad la crisis estructural que se creaba en la sociedad debido a su más alto nivel de complejidad. La posición de líder se convertía, a través de las generaciones, en una inmensa jaqueca.¹¹⁰

Cuando Francisco Pizarro llegó en 1532, los incas ya estaban en un periodo de crisis. El heredero del reino, Huascar, estaba batallando a su medio hermano, Atauhualpa, por el control del reino. Aunque a Huascar se le recuerda infamosamente en las crónicas españolas, es obvio que la causa de esta mala reputación se debía a que Huascar estaba tratando de reformar el

pesado sistema burocrático. Era una carga que debilitaba la sociedad al nivel macroeconómico. Huascar estaba tratando de deshacerse del sistema panaqa, que lograría aumentar la eficiencia administrativa al igual que reducir los numerosos controles y retos a su poder por representantes de líderes lejanamente fallecidos. Esta reforma naturalmente resultó en una fuerte oposición política, al igual que sugería un grave cambio religioso con respecto al significado y función de los huesos reales. Es como si uno fuese a argumentar en la Iglesia Católica que Dios no existe; Dios, después de todo, sirve como la base de su legitimación al poder. La reacción y el choque cultural causado por Huascar fue tal, que los panaqas le dieron su apoyo a Atahualpa, recordado en las crónicas compiladas por los españoles como un héroe. Fue en medio de esta crisis interna que Pizarro llegó, una crisis que facilitó la conquista española.

El caso azteca es parecido. La expansión geográfica solamente podía llegar a cierto tamaño antes de que se convirtiese no-viable relativo a la tecnología de su tiempo. Al expandirse a través una región cada vez más amplia, los costos de transportación aumentaban rápidamente, lo que evitaba el transporte de comida desde los contornos del reino hasta su centro. Dado que cada nuevo territorio a conquistar se encontraba más lejanos del centro, se hacia cada vez más difícil obtener victorias, debido en parte a problemas logísticos. A manera que el imperio azteca se expandía, el número de regiones de altos recursos económicos fácilmente explotables también se reducía. La cantidad de victorias por cada batalla decae rápidamente y los guerreros, que antes se les daban grandes festivales a su llegada, arribaban a las ciudades con poco reconocimiento. Ciertamente existían regiones locales que no se habían conquistado, tales como Tarascanas y Tlaxcalana, pero estas eran montañosas y demasiado difíciles de conquistar.

A medida que el grupo tenía menos conquistas relativo al esfuerzo utilizado, operando bajo la ley de rendimiento menguante, se afectaba la cohesión social al quitarle a los ciudadanos la ruta más accesible de movilidad económica. La profesión en la cual una persona podía aumentar su posición social y ingreso era la de la clase guerrera—un sistema social que obviamente también tendía a promover una expansión geográfica del grupo. Estos guerreros eran los baloncelistas y peloteros de su entorno social. Al igual que el caso inca, pero por razones diferentes, la población no-productora de la ciudad central aumentó drásticamente.

La crisis social arribó durante el reino de Moctezuma II en 1503. La conquista de Cortés de México, iniciada en 1519, fue facilitada a gran medida por rivales tales como los tlaxcalanos. El imperio azteca estaba modelado principalmente bajo la expansión militar y no en la consolidación política. En su historia temprana, la conquista de un pueblo implicaba ganancias económicas y una imagen republicana la cual fingía un gobierno compartido. Cuando Moctezuma, como Huascar, trató de eliminar la “igualdad” ilusoria entre todas las ciudades para aumentar los impuestos del gobierno central,

Rodrigo Fernós

ayudó a disolver el frágil tejido social que estos habían establecido. Al atacar el vasto imperio azteca, Cortés había entrado al un régimen cuyo elite carecía de legitimidad social. Si hubiese llegado durante cualquier otro reino, es poco probable que hubiese sobrevivido, a pesar del heroísmo que este demostró cuando ordenó encallar sus carabelas para impedir el regreso de sus pocas tropas.

La disminución demográfica

Se podría atribuir la caída de las sociedades inca y azteca a la llegada de los españoles. Pero estos, como vimos, fueron la causa suficiente de su caída y no su causa necesaria. Ciertamente, hubo brutalidades difíciles de concebir en nuestra sociedad moderna, tortura punitivas de un sadismo inconcebible. Pero estas torturas por su propia cuenta, aún sin una oposición unificada, nunca hubiesen podido derrotar la civilización indígena. Una de las causas principales fue la alta tasa de mortalidad indígena tras la llegada de los españoles; ya se escuchaban rumores de lo que ahora se reconoce como viruela a la llegada de Cortés.¹¹¹ La derrota azteca fue una no-planificada.

Entre 1520 y 1600, hubo aproximadamente 14 epidemias de viruela, la mayoría de las personas muriendo durante las primeras epidemias. Se estima que la población en el centro de México disminuyó de 25 millones a 16 millones en 10 años solamente—9 millones o el 36% de la población original. Las epidemias parecían llegar cada 18 años: 1520, 1531, 1532, 1538, 1615, 1653, 1663, 1678, 1711, 1734, 1748, 1761, 1780, 1798. Durante una epidemia en Ciudad de México, 25,000 personas murieron en 1737. La tasa de mortalidad promedio era un tercio de la población, promedio que no aplica a casos específicos. Algunas ciudades sufrieron horribles pérdidas de más de la mitad de la población.

Hubo varias razones para la rapidez y severidad de las epidemias. La población indígena de América Latina era genéticamente homogénea. Hoy se estima, con fuentes sólidas de evidencia, que esta población llegó al continente cruzando lo que ahora se llama el Estrecho de Bering. En esa época existía una capa de hielo glacial entre los dos continentes, permitiendo así la jornada. Esta tuvo un impacto genético ya que eliminó aquellos individuos enfermos al igual que un sinnúmero de bacterias infecciosas. Por lo tanto, la población que llegó a expandirse por las Américas tenía pocos patógenos. Los que nosotros hoy en día tratamos de crear con los antibacterianos, esta población ya lo había inconscientemente creado.¹¹² Desafortunadamente, al ser una población sin historial de gran diversidad de enfermedades, no tenían auto-inmunidad contra los patógenos europeos, lo que explica la letalidad de estos patógenos. Otras poblaciones que han estado aisladas y expuestas a nuevas enfermedades sufren las mismas altas tasas de mortalidad. Cuando la viruela llegó a Islandia en 1710, causó la muerte de 18,000 personas en una población de 50,000

residentes. El promedio de mortalidad de tales casos tiende a ser un tercio de la población.

Un elemento que influyó la rapidez de la transmisión de la viruela fue la conducta indígena, particularmente la azteca quienes refería a la enfermedad como “hueyahuatl”. Para curar este tipo de enfermedad, estos tomaban baños calientes llamados “temazcalli”. El problema era que la burbuja cutánea de la viruela tendía a romperse en el baño, regándola así en el agua común. Como el agua de lavar no se cambiaba, las siguientes personas que se bañaban se contagiaban con facilidad. Los aztecas también tenían tratamientos tales como la bebida caliente del orín, al igual que lavarse la cara con este, lo que también ayudaba a la rápido desplazamiento viral.

Los españoles no sabían la causa de la viruela durante el periodo. Algunos de sus métodos de tratamientos no eran muy efectivos. Pensando que quizás se regaba por medio del aire, construían fuegos para quemar este mal aire y lavaban sus ropas en azufre. Otros métodos funcionaban, aunque no sabían exactamente el porqué, tales como la prohibición del entierro de muertos en las catacumbas de las iglesias.

¿Amenaza moderna?

Debido al impacto de los costos de las sociedades complejas y la presencia de enfermedades mortales en la población indígena, la conquista de los españoles sobre las Américas fue un proceso relativamente fácil. Sin estas condiciones, es poco probable que un pequeño grupo de 500 hombres hubiese podido conquistar una nación de cientos de miles, aun con tecnologías más avanzadas como el uso del caballo y el hierro. Su victoria no necesariamente fue el resultado de su estrategia, sino más bien de su afortunada ignorancia. Si los españoles hubiesen invadido las Indias medio siglo antes, la historia y la cara de Latinoamérica serían muy diferentes de la que son hoy.

Es fácil mirar a la historia de los incas y aztecas desde un siglo tan lejano al de ellos. Su caída afortunadamente solamente se puede imaginar porque no la vivimos. Parecen figuras de novelas de ficción, cuyos historias trágicas son lamentables pero distantes a las nuestras. Pero dicha perspectiva es más ilusoria del cuento al cual que se refiere. No deberíamos suponer que nuestra civilización esta inmune a estas dinámicas. La tecnología moderna amplifica el poder humano, pero no lo hace inmune a la tragedia.

Nuestra sociedad moderna depende intensamente del petróleo, particularmente Puerto Rico donde esta fuente proporciona el 90% de su energía eléctrica. Pero el petróleo, no es una fuente de energía infinita a pesar de las grandes cantidades que existen en el subsuelo. Kenneth S. Deffeyes, un geólogo retirado de la Universidad de Princeton, estima que los recursos de petróleo mundiales van a llegar a una cima alrededor del próximo siglo, en una curva gaussiana no muy distinta de la de Tainter. Este utiliza el método de M. King Hubbert quien en 1956 predijo correctamente que la cima de los recursos

Rodrigo Fernós

petroleros en los Estados Unidos llegaría en a década de 1970. El método que estos usan es relativamente simple, análogos a la problemática de la expansión azteca.¹¹³ Los pozos más grandes son más fáciles de encontrar, mientras que los más pequeños requieren mayores cantidades de inversión, inversiones descritos por la curva descendiente de rendimiento menguante.

¿Cual será el futuro de la humanidad? Esto es difícil de pronosticar. Tal como Toynbee sugiere, si era imposible para una tribu africana predecir donde estaría la humanidad hace diez mil años, igualmente se nos hace imposible determinar donde estaremos en el futuro. Pero no deberíamos asumir lo que muchas sociedades pasadas asumieron: que su reino seguiría indefinidamente. Quizás no deberíamos ser pesimistas ya que simplemente no se pudo predecir. Lo que sí sabemos, como señala Toynbee, es que los problemas no se van a ir. Si estos no se confrontan y resuelven tempranamente, podrían causar la caída de la civilización mundial. Si el caso azteca sirve como ejemplo, podríamos decir que, cuando el fin viene, llegará más rápido de lo esperado.

TERCERA PARTE: LA AMÉRICA COLONIAL

Durante los siglos XVI y XVII, periodo de revolucionario crecimiento científico en el cual se establecen las bases de la ciencia moderna en Europa, España y sus colonias se aíslan. Aunque el escrúpulo religioso de la Contrarreforma Católica constituye la principal fuente de la auto-definición española y ayuda a establecer la cohesión de España y su imperio, crea una ruptura con la ciencia moderna a una temprana etapa. Como un adolescente rebelde, España se opone a lo que le viene bien por el mero hecho de donde originaba. Si esta bifurcación científica entre el mundo hispano-parlante y el no-hispano-parlante europeo hubiese ocurrido en un periodo más tarde, el siglo XIX por ejemplo, quizás esta bifurcación hubiese tenido un menor impacto al desarrollo científico del primero. Pero, al suceder durante la creación del paradigma fundamental de la ciencia moderna, dicha separación social tuvo repercusiones negativas que todavía se ven hoy en día. La “religión”, definida por el estado español, es una de las causas principales del atraso científico español y latinoamericano.

El papel actual de la religión católica en el desarrollo científico español e hispano fue muy discutido entre historiadores de previas generaciones, creando una polémica algo extremista e irracional entre estos. El tema particular de desacuerdo fue el papel de la Inquisición. En su búsqueda por la modernización, algunos intelectuales criticaron las bases religiosas de la identidad hispana—tema doloroso al ser tan íntimo. Podemos preguntar, como ellos, ¿es el catolicismo compatible con la ciencia? ¿Existe rasgos negativos dentro de nuestra valorada cultura que nos atrasa?¹¹⁴ A fines del siglo XIX Alphonse de Candolle argumentaba que sí. Notaba la baja presencia de católicos en la actividad científica, comparándola con la predominancia de protestantes en la misma. Para otros, la contestación no era tan clara. Aunque comparaciones con el protestantismo, particularmente los estudios de Robert Merton, ayudaron a dilucidar el tema, no lo resolvieron.¹¹⁵

No se puede negar que hubo prominentes intelectuales de países católicos que participaron en la Revolución Científica, como Galileo Galilei en Italia o Rene Descartes y Blaise Pascal en Francia. Se podría señalar también que la Inquisición no tomó a la ciencia como objeto principal de persecución. El criterio principal de los libros prohibidos siempre fue la religión, particularmente la religión protestante. Los jesuitas, una orden militante formada por la Contrarreforma, tenían una actividad científica inusualmente intensa para una institución religiosa. Podemos observar también que sacerdotes-médicos de España, como José “Celestino” Mutis, emigraron a las colonias y contribuyeron a su florecimiento científico. Mutis, en un punto de

Rodrigo Fernós

su vida, combate la Inquisición en Nueva Granada, proveyendo una imagen algo ambigua y compleja con respecto a la interacción entre la religión y la ciencia en la América Latina colonial.

También se puede señalar a favor del impacto de la religión, el hecho que hubo periodos de intensa actividad científica en la América Latina colonial. La sabiduría del Rey Carlos III proveyó un breve espacio para el desarrollo científico durante su vida, en particular las Reales Expediciones Botánicas cuyos miembros viajaron a través de grandes porciones del mundo colonial español. Igualmente, las Sociedades Económicas tuvieron efecto positivo en la promoción de la actividad científica aplicada, como la botánica y minearológica. La última mitad del siglo XVIII fue un breve “periodo de oro” al nivel científico en las colonias, donde se pudo sembrar algunas semillas de la ciencia moderna en esta periferia. Las visitas de Alexander von Humboldt ayudaron grandemente en su estímulo, particularmente el trabajo de Francisco José de Caldas en Nueva Granada. Desafortunadamente, dichos esfuerzos tuvieron raíces cortas y débiles.

En fin, el impacto de la religión Católica fue uno negativo. La Inquisición creó un ambiente que paralizaba el libre flujo de ideas entre los ciudadanos de aquellas sociedades en la cual se encontraba. A pesar de la actividad científica jesuita, su ecléctica filosofía no conducía a un genuino desarrollo científico. Las excepciones no deberían de crear una imagen falsa del quehacer más común en una sociedad. La dinámica social creada por la Contrarreforma marchitó su pequeña actividad científica.

Pero, como casi todo en la historia, la religión no fue el único factor operativo. Otros factores también ayudaron a marchitar esta débil flor.

Capítulo 10

LAS REALES EXPEDICIONES BOTÁNICAS: LA BÚSQUEDA DE LA CINCHONA

Después de esto no va a quedar duda alguna al mundo, de que todo lo publicado en el exterior en contra del honor de nuestra nación, en cuanto a nuevos descubrimientos y conquistas, no tiene mayor importancia, y que la nueva información contenida en noticias y novedades esporádicas ya era conocida de tiempo atrás por sus verdaderos dueños.

— Consejo de Indias, 1783

Las Reales Expediciones Botánicas en las Américas revelaron la belleza de la naturaleza que ahí se encuentra al igual que la morosidad del gobierno Español colonial; son tanto tesis como antítesis inseparablemente ligadas.¹¹⁶

Cubriendo el vasto imperio español, sus miembros viajaron a través de Nueva España, Nueva Granada, el Virreinato del Perú y Chile, al igual que territorios en el Pacífico como las Filipinas y California. Que el énfasis de estas expediciones fue utilitario, que la mayoría de sus estudios fueron botánicos y que una gran mayoría de sus investigadores fueron médicos no son hechos difíciles de entender. Estos se explican mutuamente. Durante el siglo XVIII, la química y la biología no habían avanzado suficientemente como para producir la gran mayoría de medicinas y productos sintéticos que tenemos hoy día. La farmacéutica, por lo tanto, consistía del mundo natural biológico. Aún hasta principios del siglo XX, la mayoría de los tratamientos se buscaban sistemáticamente en la flora y fauna, sin poder identificar el porqué de su eficacia.

Considerando la importancia medicinal y económica que tenía la botánica, es irónico que la mayoría de los especímenes dibujados y descritos por estas expediciones no se publicaron durante la vida de sus investigadores. En algunos casos, su publicación tardaría más de un siglo. He aquí donde se encuentra la injusticia del liderazgo español colonial, tanto en las acciones de oficiales como en las relaciones interpersonales que existían en esta sociedad. A pesar de que los investigadores trabajaron arduamente por años en la jungla salvaje, en viajes peligrosos o en regiones con enfermedades endémicas, se puede decir que su labor fue prácticamente en vano. Sus escritos no llegaron a influenciar el mundo científico de su época debido a los atrasos en su publicación. Una parte de sus colecciones se perdieron en fuego, en robo o a

Rodrigo Fernós

la profundidad de los mares. En otras ocasiones, las colecciones se vieron afectadas por batallas políticas que tenían nada que ver con sus contenidos botánicos. La gran mayoría de sus manuscritos nunca vieron luz pública durante la vida de sus autores.

La naturaleza en el Nuevo Mundo

La flora y la fauna del Nuevo Mundo tuvieron un gran impacto en la mentalidad europea. Su diferencia a las especies vivientes de Europa hizo evidente que los venerados antiguos habían estado equivocados. Se había alegado que los trabajos de Aristóteles o de Plinio (*Historia Natural*, 100 DC) describían todos los animales del mundo. Es algo cómico, hoy día, mirar como los europeos del periodo colonial a estos animales representaban en sus dibujos. Encajaban las nuevas especies en viejas categorías, distorsionándolos en el proceso. Ciertamente, no había un buen método para comparar toda esta vida terrestre. La “gran cadena de la vida” no era suficientemente flexible como para colocar nuevas formas biológicas en su jerarquía. ¿Donde cabrían estas formas que combinaban varios aspectos de otras? Simplemente no se podía sin algún tipo de distorsión del esquema, como se observa en su ilustraciones.

Estas nuevas especies eventualmente sirvieron como fuerza innovadora a las ciencias europeas, particularmente en la obra de Linneo. Aunque este nunca llegó a viajar a América, creó un nuevo tipo de clasificación bajo la cual se podrían comparar especies de todo tipo. Aún cuando nunca se hubiese visto el nombre, su relación con otras especies se podría establecer con facilidad. Linneo usó elementos visibles como criterios de identificación, particularmente los órganos sexuales. Si se sabía el número de pistulas, se le podía comparar fácilmente con otras plantas.¹¹⁷ El pequeño libro de Linneo, *Sistema natural* (1735) fue tan eficaz que aumentó rápidamente a un tomo voluminoso a través de sus múltiples ediciones. Con este esquema, el trabajo del naturalista sueco consistió en almacenar, describir, dibujar, y clasificar. Los principios básicos del modelo habían sido desarrollados por Alphonse de Condole.

Saint Domingue: Cercle des Philadelphes

Las expediciones botánicas no se originaron en el estado español, sino fueron incentivadas por rivalidades internacionales. Cuando Francia pidió permiso para explorar el reino de Perú, España tomó medidas y organizó su propia expedición. Ella no se iba a quedar atrás. A pesar de la palabra “Real” en su título, la mayoría de las expediciones actualmente habían sido previamente sugeridas por los investigadores coloniales, no por el gobierno español. No había entonces un concepto de la investigación y desarrollo fundado por el gobierno. Aunque la utilidad de las ciencias, en este caso de la

botánica, era conocida, el gobierno español la pasaba por alto. La fuerte influencia que Francia tuvo en la creación de estas expediciones, creó un ambiente favorable gubernamental.

Como la influencia francesa sobre América Latina creció significativamente durante el siglo XIX, es quizás útil mirar brevemente a la actividad botánica de las colonias francesas. De particular importancia fue aquella que se encontraba en Haití, o como se llamaba entonces, Saint Domingue. El éxito económico de esa isla fue la causa tanto de su éxito como de su fracaso científico.

La división de La Española entre los franceses y los españoles en el siglo XVIII fue un hecho que tuvo tremendas repercusiones históricas para ambos lados de la isla.¹¹⁸ Después de 1715, se podría sugerir que Saint Domingue se convirtió en una nación africana colonial que producía la mayoría de la azúcar para el mercado europeo. Los esclavos constituían un 90% de la población y los europeos solo un 5%, lo que explica la predominancia hoy en día del pensar africano en ese país. (En contraste, la población esclava en República Dominicana consistía solamente de un 25% de su población total.) Esta población Africana producía la mitad de la azúcar del mercado mundial. En 1791 unas 192 millones de libras de azúcar franco-coloniales fueron exportadas a la metrópolis, 3/4 partes de las cuales eran reexportadas al resto de Europa. La prosperidad de esta economía, a su vez, proporcionaba una base financiera para sus sociedades científicas—sociedades que irónicamente decayeron con la revolución esclavista de Toussaint L'Ourverture al fin del siglo.¹¹⁹

El utilitarismo biológico, tan prominente de las Reales Expediciones españolas, fue una característica común de las sociedades científicas francesas de la isla. En 1784 se formó el primer serio grupo científico, “Cercle des Philadelphes”. Este círculo inicial de 10 participantes aumentó hasta tener 163 miembros en 1789. La mayoría de sus fundadores y miembros consistieron de doctores con claros intereses en la botánica. Su presidente, Alexandre Duborg, al igual que otros de su liderato como Jean Cosme d'Arngerville habían sido médicos locales. El círculo fue promovido por el estado debido a la función útil que proveía a la economía local no-azucarera; su intención era diversificar y hacer la isla menos dependiente del polvo blanco.

El primer estudio que publicó la sociedad fue un tratado sobre la cochinilla, un insecto utilizado para darle tinte rojo a la ropa. Estos tintes naturales o biológicos eran la norma antes de la invención de los tintes sintéticos en Alemania al final del siglo XIX. El tinte entomológico colonial era de tan alta calidad, que una pieza quedaría roja por más de 200 años. La producción mundial de 1 millón de libras provenía de México en esa época. Como el insecto vivía solamente en el cacto, el reporte recomendó su importación a la región seca localizada al centro de Sainte Domingue. Como estos desiertos no se usaban para crear productos económicamente viables de algún tipo, se esperaba que la industria de la cochinilla mejoraría la economía

Rodrigo Fernós

local. Desafortunadamente, cuando Nicolás Thierry viajó a México para tomar algunos insectos, murió poco después de haber regresado, y sus asistentes no supieron como mantener vivos los delicados insectos.¹²⁰ Además de su estudio de la cochinilla, el *Cercle des Philadelphes* publicó un sinnúmero de tratados sobre otras biología útiles. Típico del periodo, también crearon concursos científicos y un jardín botánico.

La lucha por su libertad cívica y su independencia política arruinó la economía haitiana, creando una inestabilidad social y política que persistiría por más de dos siglos. Cuando se inició la revolución, el primer objetivo fue la destrucción de los terrenos de caña, ya que para el pueblo representaba su subyugación europea. La relación entre la caña y la esclavitud era demasiado obvia y psicológicamente traumática como para reconciliarlas tan rápidamente. Aunque los líderes revolucionarios se dieron cuenta de la importancia de la azúcar para su bienestar económico, no querían regresar a los mismos medios usados como métodos de su represión y la justificación de su esclavitud.

No obstante, la cosecha a gran escala en las grandes fincas de azúcar eran las más eficiente para su cultivo. Su destrucción, al igual que la destrucción de las sociedades científicas francesas, irónicamente subyugó aún más al pueblo haitiano al llevarlos a una miseria crasa que todavía persiste. Su pobreza era tal que, en la década de 1980, el nivel de analfabetismo era todavía un 90% de la población. Al rechazar el cultivo a gran escala, su liberación los llevó a la ruina.

Problemas en el camino

Las actividades científicas de lo franceses en el Caribe no habían sido las únicas en el mundo Latinoamericano. Un sinnúmero de expediciones en el Nuevo Mundo al principio del siglo XVIII habían sido iniciadas por extranjeros europeos. La otra Europa criticaba a España por no haber explorado los recursos naturales que estaban en sus propias manos. Como previamente se señaló, el gobierno no inició las llamadas “Reales Expediciones Botánicas” mientras que sus originadores últimamente necesitarían el apoyo monárquico para poder empezar; tales eran las contradicciones españolas. Los viajes fueron iniciados por ciudadanos independientemente de la corona, la gran mayoría siendo doctores o farmacéuticos. Las más importantes de estas fueron: Ruiz y Pavón (1777 - 1788) en Perú, Sesse y Mociño en Nueva España (1786 - 1803), Conde de Mopox de Cuba (1796 - 1802), Mutis en Nueva Granada (1783-1816) y finalmente Malaspina en el Pacífico (1789 - 1791). La mayoría de estas expediciones habían surgido durante el reinado del ilustrado Carlos III, quien reconocía el valor de la ciencia.

El apoyo monárquico, al ser monárquico y no republicano, irónicamente previno la continuidad institucional de estos proyectos

científicos, que habían alimentado un sinnúmero de organizaciones dedicadas a diseminar y procesar la información acumulada por estas. Uno de los problemas más significativos que tuvieron era la carencia de bases autónomas institucionales. Cambios de gobierno terminaban su breve apoyo gubernamental, como todavía ocurre hoy. Con la muerte del rey ilustrado Carlos III en 1788, la corona cayó en manos de Carlos IV, quien no entendía la importancia de la ciencia en comparación con su antecesor. Su política fue tanto errática como ignorante y, por consiguiente, un factor que contribuyó a rendir inútil tantos años de sacrificio y trabajo por parte de nobles ciudadanos privados.

Otros problemas fueron de índole menos fundamental y de naturaleza técnica, tal como el problema de la longitud. Este era básicamente un problema en la determinación del tiempo.¹²¹ No se había inventado un reloj suficientemente preciso para calcular el tiempo y, consecuentemente, el espacio. Los relojes que se habían inventado hasta la fecha perdían el “tiempo”, afectado así la determinación de longitud. Un reloj de la exactitud requerida no fue inventado hasta la década de 1730 por el inglés John Harrison. Aún así, era de gran tamaño e impracticable para la navegación. Harrison lo fue perfeccionando hasta poder llegar a un modelo de 5 pulgadas, cuatro décadas después, lo que en sí constituye una pequeña revolución tecnológica y científica.

Los miembros de las expediciones reales no tuvieron acceso al reloj de Harrison, lo que hizo su labor científica más onerosa de lo que debería de haber sido. Como veremos luego, los miembros de las expediciones tendían a disputarse unos con otros sobre la mejor manera de determinar la longitud. Algunos querían usar medidas barométricas, otros de péndulo, mientras que algunos se basaban estrictamente en medidas visuales y cálculos geométricos. Estos debates metodológicos ponían la cordial relación entre los investigadores en juego—al igual que el éxito de las expediciones.

La región del Pacífico: Malaspina y Pineda

El oficial naval Alejandro Malaspina (1754-1810) propuso al rey Carlos III el “Plan de un viaje científico y político a el rededor del mundo” (1788), el cual fue aceptado por el rey poco antes de su muerte. Malaspina escogió a Antonio Pineda y Ramírez (1751-1792) como su asistente, partiendo de España el año siguiente. A pesar de que su jornada cubrió el Pacífico, también exploraron a Nueva España (México).

Uno de sus propósitos principales era la exploración de la región nortea de los Estados Unidos y Canadá para encontrar un cuerpo de agua entre el Atlántico y el Pacífico, ambición entonces de todos los contrincantes sobre las Américas.¹²² Carlos III quería consolidar su poder imperial en la región y tal “canal,” si así se puede llamar, facilitaría la transportación de armas españolas y cargamentos americanos. Sería una búsqueda en vano.

Rodrigo Fernós

Antes de la construcción del Canal de Panamá al principio del siglo XX por los Estados Unidos, todos los barcos proviniendo del Océano Atlántico dirigiéndose al Pacífico tenían que viajar hasta el cono sur de América Latina (la Patagónica), cerca de la Antártida, haciendo su travesía extremadamente larga y peligrosa.

En su larga expedición, Malaspina y Pineda hicieron un número de descubrimientos importantes. Cerca de la montaña del Chimborazo en Perú, Pineda descubre el “xebe”, nombre utilizado por los indígenas de la región. Brotaba de la corteza de un árbol al hacer cortes diagonales. Consistía de un jugo blanco que los indios acumulaban al colocar hojas de guineo; al enfriarse se endurecía y cambiaba a color negro. El xebe luego se calentaba al fuego y se aplicaba a la ropa para hacerla impermeable. Pineda también descubrió la mata de “magüey” en Nueva España. Con esta mata fibrosa, se podía construir fibras para ropa y sacos, mientras que el líquido extraído de ella se usaba para crear una bebida alcohólica llamada “pulque”. Pineda estimó que unos 16.5 millones de galones de pulque se consumieron en 1783. Malaspina y Pineda enviaron unas 22 cajas a España de especies observadas en el viaje, con alrededor de 16,000 especímenes de plantas secadas. Se descubrió unas 4,000 nuevas especies.

A pesar de todo este esfuerzo, sus logros y descubrimientos nunca llegaron a ser publicados durante la vida de Malaspina o Pineda. Solamente un volumen llegó a publicarse cien años después en 1885. Se estima que la publicación de todos los ejemplares hubiese tomado unos 7 volúmenes a un costo de 2 millones de reales.

Pero la falta de apoyo financiero no fue el único obstáculo. Malaspina fue enviado a prisión por ocho años en 1795, afectando su labor científica. Este le había enviado una carta a la reina María Luisa sugiriendo reformas al sistema naval español. Como la reina usó el mensaje para atacar a su previo amante Manuel Godoy. Aunque el poder de Godoy disminuyó como resultado, este mantuvo suficiente mandato para poder encarcelar a Malaspina. Luego de su salida, este se trasladó a Italia donde muere poco tiempo después, en 1809. He así como la trivialidad romántica y las intrigas políticas destruyen los grandes logros humanos.

México: Sesse y Moziño

Problemas parecidos ocurrieron en las expediciones de Moziño y Sesse en Nueva España. Martín de Sesse y Lacasta (1751-1808) había sido el doctor al capitán general de Cuba, quien luego había sido nombrado virrey de Nueva España, elevando su posición como la de sus asistentes. Sesse, mientras viajaba con el virrey a su nuevo puesto, usó su influencia para obtener la sanción real para iniciar su expedición botánica. Como este también conocía a Casimiro Gómez Ortega, director del Jardín Botánico Real, Sesse pudo obtener el permiso del Rey Carlos III en 1786. Sesse nombró un

sinnúmero de compañeros, el más importante siendo José Mariano Moziño (1757-1820). Juan Diego de Castillo, farmacéutico en un hospital de la pequeña colonia de Puerto Rico, también fue miembro de la misión.

En su totalidad, la expedición de Sesse y Moziño consistió de 3 viajes diferentes, compilando 583 especies en el primero, 372 en el segundo y 172 en el tercero. Pero, al igual que la expedición de Malaspina, esta también no obtuvo mucho fruto académico. Su trabajo no fue compilado hasta 1889 en los libros *Flora mexicana* y *Plantae novae hispaniae* por la Sociedad Mexicana de Historia Natural luego de que la sociedad había iniciado una búsqueda de 15 años en varios archivos nacionales. La gran mayoría de las colecciones y dibujos se habían extraviado.

Antes de su llegada, Sesse perdió favor con el monarca Carlos IV. Aunque el rey le había ordenado que regresara inmediatamente a España en 1794, Sesse viajó a Nueva España en 1798, luego de una breve jornada en Cuba y Puerto Rico. Sabiamente, Sesse logró una copia exacta de todos los trabajos y colecciones acumuladas como precaución a su extravío dado la incertidumbre de la navegación colonial. Si se hundía un barco con solo una documento, su copia fiel y exacta llegaría a España en otra embarcación. Otro factor era que un grupo de la expedición había viajado por lo que ahora es Guatemala, y Sesse quería reunirse con ellos a su regreso. Al tomar tantas distracciones, Sesse se puso en directa oposición con el monarca español. Cuando Sesse muere en 1808, la responsabilidad de compilar la información cae en manos de Moziño, quien en 1808 había sido el único sobreviviente. Otros miembros como Sesséve, López y Longino habían muerto a causa de enfermedades tropicales.

El ambiente político español rodeando las expediciones americanas estaba lleno de incertidumbre. En 1808, Carlos IV abdica al trono a favor de su hijo, Fernando VII, a quien Napoleón secuestra. Irónicamente, la subida de los franceses al control político de España favoreció inicialmente a Moziño, quien es colocado en una buena posición dentro del nuevo gobierno “español”. Pero, cuando los vientos políticos cambiaron una vez más en 1812, el nuevo gobierno arresta a Moziño por traición. Para evitar su encarcelación y posible muerte, este se escapa a Francia. Aunque logra salir del país con vida, los oficiales en la frontera le confiscan todos los especímenes y documentos que tenía, pudiendo salvar solo sus dibujos. Estos luego se pierden en Francia después de la muerte de Moziño, quien solo deja unas pocas copias que había hecho.

Irónicamente, aunque el gobierno español lo perdona en 1820, pidiéndole que regrese a España, Moziño nunca lo hace. No se sabe si recibió la carta de invitación antes de morir. Tal era el servicio postal de la época.

Perú y Chile: Ruiz y Pavón

Rodrigo Fernós

La expedición más fructífera fue la de Hipólito Ruiz López (1754-1816) y José Antonio Pavón y Jiménez (1754-1844) en la región de Perú. Esta se inició como reacción inmediata a la propuesta de una expedición solicitada por el gobierno de Francia. Carlos III accedió a la oferta francesa, pero solo si se reconocía como una expedición española bajo control español. Aunque el francés Charles Dombey era un botánico profesional reconocido por sus variadas exploraciones científicas en Francia, este tenía el mal hábito de endeudarse. Su pobre disciplina fiscal fue una lógica razón para otorgarle el liderazgo a Ruiz y a Pavón, tan familiarizados ambos con la botánica por ser farmacólogos y al tener buenas relaciones políticas. Incidentalmente, aunque Dombey recibe unos 6,000 pesos anuales, una suma considerable para ese tiempo, la mayor parte de este dinero lo usa para pagar sus acumuladas deudas.

En sus viajes, la expedición indaga sobre los recursos económicamente útiles, tales como la canela, la cinchona y el nitrato de salitre. Estos productos tenían un gran valor económico, sea por su alto consumo en el caso de la canela, o por su valor militar en el caso del salitre que se usaba para hacer explosivos. Unas 500,000 libras de canela se consumían anualmente, con otras 100,000 que se usaba para propósitos medicinales. Aunque los españoles habían descubierto el árbol de canela, la especie americana tenía un sabor amargo y no muy placentero. Uno de los propósitos del viaje era investigar si existían especies de mayor afinidad al ser humano. Dombey encontró que no.

Por razones políticas, se le impidió a Dombey analizar el salitre de la región sureña de Perú. La expedición también se había extendido a lo que ahora se conoce como Chile. Como el salitre chileno quemaba lentamente, se opinó que no sería un buen recurso en las armas. Pero el problema fue algo más complicado políticamente, teniendo nada que ver con méritos científicos. Gómez Ortega, quien no se llevaba bien con Dombey, argumentó que este carecía del adiestramiento químico para su análisis, previniendo que Dombey realizara su investigación en dichas sustancias de valor militar. Cuando se considera que el salitre se convirtió en la exportación más importante de Chile durante el siglo XX, solo se puede imaginar la riqueza que hubiese surgido si no fuera por la intervención perjudicial de Gómez Ortega.

En los diez años que duró la expedición, Ruiz y Pavón coleccionaron unas 4,000 plantas. En solo el primer año, unas 17 cajas de especímenes fueron acumuladas. Ruiz y Pavón a menudo opinaban que su labor nunca terminaría. Tristemente, un gran porcentaje de sus colecciones nunca llegaron a España. Una serie de eventos, accidentales y no tan accidentales, previnieron que la mayoría de sus colecciones sobrevivieran. El barco “San Pedro de Alcántara” que llevaba 55 cajas de materiales y 1,1013 dibujos se hundió cuando llegaba a España; 800 de estos dibujos habían sido nuevos especímenes descubiertos por Ruiz y Pavón. Aunque el gobierno envió una tripulación para rescatar lo que se pudiese, estos recogieron solamente el oro y la plata del barco, dejando que las colecciones naturales se perdiesen al mar.

En otro incidente, la casa donde se estaban almacenando las mismas prendió en fuego, quemando así todo lo que había adentro. Aunque algunas cajas se conservaron, lo demás se fue calcinado. Estas pérdidas incluyeron los diarios de tres años, tres volúmenes de descripciones botánicas logradas a través de cuatro años, y 20 cajas de especímenes coleccionados en dos años. Por si eso fuera todo, el dueño de la casa, quien originalmente había provocado el fuego, llevó a Ruiz y a Pavón ante los tribunales, demandándoles por sus pérdidas personales. El caso legal duró varios años. Injustamente, el juez encontró a Ruiz y a Pavón culpables dado que el hombre no tenía dinero para pagar su propio abogado! Un destino fue el de Dombey.

A pesar de estos incidentes y contrario a las otras expediciones botánicas, Ruiz y Pavón pudieron publicar sus pocos descubrimientos. Pero fue un éxito ambiguo. El primer volumen de *Flora del Perú* se publica en 1798 y el segundo al año siguiente. Los próximos volúmenes salen al entorno público en 1802, 1804 y 1810. Aunque podemos juzgar estos como un logro en vista de que expediciones previas, fue un éxito limitado. Para 1834 solamente 21 ejemplares de los primeros dos volúmenes se habían vendido, teniendo un efecto mínimo en el mundo científico de su tiempo. La causa fue el alto costo de publicación y, por lo tanto, el alto costo de venta. Análogo a la prohibición de libros por razones económicas antes de la creación de la imprenta, solo la clase adinerada podían adquirirlos. El costo total para el primer volumen había sido de unos 90,000 reales, mientras que el segundo había costado 10,000 más. Con un precio de 300 reales por volumen, en términos financieros, fue un real fracaso para el gobierno español—y para Ruiz y Pavón.

Conclusión

Las Reales Expediciones fueron pobremente concebidas y planificadas, quizás debido al hecho de que no fueron originadas por el gobierno central y, por lo tanto, pobremente coordinadas entre sí.¹²³ Aunque cada expedición tenía una región en particular para explorar, se extendían a través de las demás, duplicando innecesariamente el esfuerzo. La de Sesse en México se extendió a Guatemala, mientras que la de Malaspina cubrió partes de México. A veces, estas accidentalmente coordinaban esfuerzos, tal cuando la expedición de Ruiz y Pavón obtuvo algunos manuscritos de Sesse y Moziño. Desafortunadamente, aunque los miembros de las diferentes expediciones interactuaban ocasionalmente, los esfuerzos no fueron coordinados para una búsqueda fructífera. Francisco Caldas señaló que si hubiese tenido información de la expedición en el Perú, se hubiese ahorrado una gran cantidad de tiempo y dinero.

Podemos ver que la política científica del gobierno español se rigió principalmente por el oportunismo. A pesar del liderato ilustrado del rey Carlos III, su política fue una pasiva que no facilitaba investigación científica.

Rodrigo Fernós

A pesar de su poderío monárquico, el gobierno español no pagó directamente por las expediciones botánicas, las cuales tuvieron que ser financiadas principalmente por las regiones locales en las que se conducían—sin permitir que estas mismas se beneficiasen directamente. Cuando el gobierno español fue informado de los gastos de publicación de los volúmenes de Ruiz y Pavón, pidió dinero de sus colonias en América para sufragarlos. Filipinas envió 10,000 pesos y La Plata 3,000; el gobierno español amablemente envió papel y lápiz. Aunque la metrópolis le otorgaba su legitimización y recibía la mayoría de sus beneficios, el peso del financiamiento de las expediciones no recaía en ella. Como se dice en Puerto Rico, “así cualquiera”.¹²⁴

Debido al oportunismo pasivo y la falta de institucionalización de las investigaciones, las expediciones botánicas se vieron constantemente amenazadas por problemas independiente del contenido científico interno de estas. La poca valorización de la ciencia por parte de Carlos IV después de su ascenso al trono en 1788, la conquista de España por Napoleón en 1808, las intrigas de la Reina y de su amante Godoy pudiesen haber sido obviados de tener mayor autonomía institucional. No hay duda de que la ardua labor de los científicos se veía constantemente frustrada. Podemos tomar ejemplo de las reacciones de estos, ya que tendían a retirarse de la vida pública y botánica; tuvieron que haberse sentido como Antoine de Jussieu.¹²⁵ La alternativa se lo dejamos a la imaginación.

Solo podemos imaginar que hubiese pasado si sus investigaciones hubiesen llegado a la luz pública. Debido al pobre estado en que se encontraba la economía del Nuevo Mundo y el valor comercial de todos estos productos, su explotación hubiese llevado a las Américas a una nueva prosperidad económica. El salitre, la goma, la cinchona y la cochinilla fueron productos extremadamente valiosos durante el siglo XIX. Usados para un sinnúmero de propósitos, su exportación era fuente de grandes recursos para la nación que los poseía, tal como lo es el petróleo para a las naciones árabes en nuestro siglo. Quizás fue para bien el que se hubiesen conservado estos productos para siglos posteriores cuando las colonias obtuvieron sus independencias. Ciertamente, el más perjudicado fue el propio estado español.

Capítulo 11

LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA: EL MOVIMIENTO

El conocimiento es poder.
—Francis Bacon

La Revolución Científica quizás ha sido uno de los cambios culturales más significativos en la historia humana. Con ella nace el paradigma central de la ciencia y mundo moderno. No solo cambia nuestro entender del mundo natural, sino que eventualmente lleva a una serie de cambios tecnológicos otorgándole una tremenda ventaja política y militar al mundo europeo *visa vie* otras regiones culturales. Las figuras principales de esta revolución incluyen a Copérnico, Kepler, Galileo y Newton. Se da principalmente en el área de la astronomía, pero no es en único campo intelectual afectado. Al estar íntimamente ligada con el movimiento, cambios en el entendimiento astronómico estimulan la creación de la física moderna.

No fue una “revolución” de un día para otro o entre temporadas. Consistió de una serie de graduales modificaciones intelectuales a través de dos siglos. Aunque muchos debaten la clasificación de estos eventos, si es una lenta “evolución” o una drástica “revolución”, el hecho es que el entender occidental del mundo natural al finalizar estos eventos fue uno muy diferente del que existía antes de su comenzar. Nuestra perspectiva e interacción con el mundo natural estará en fundaciones muy diferentes del periodo que le antecedió.¹²⁶

Las semillas de esta “revolución”, como con casi todo lo occidental, se encuentran en los griegos.

Los presocráticos, 600-400 AC: Confianza en la razón

En la escuela primaria y secundaria tiende a enseñarse que la visión europea del siglo XV consistía de un mundo tan plano como una mesa de comedor. De acuerdo a esta visión, cuando Cristóbal Colón navegó a través del Atlántico, tuvo que apaciguar el temor que su nave se hundiría al final del mundo, tal como si se cayese por una cascada gigantesca. Este falso mito, quizás utilizado para alimentar la idea del progreso humano, distorsiona su complicada historia. Los griegos no solamente sabían que la tierra era redonda, sino que habían calculado su circunferencia al igual que su distancia

Rodrigo Fernós

del sol. Quizás Colón tuvo que enfrentar las ideas de algunos miembros de su tripulación, pero para 1492, la figura esférica de la Tierra estaba bien situada en el mejor conocer del mundo occidental. La pregunta que se tenía en aquel entonces no residía en su forma sino en su tamaño. He aquí donde Colón erró. No obstante, su visión había sido una fundamentada firmemente en el pensamiento clásico.

Aunque los griegos no llegaron a crear la Revolución Científica, estos tuvieron tremendos avances teóricos que sirvieron como sus semillas. Crearon una filosofía naturalista que trataba de entender al mundo en sus propios términos materiales. Demócrito, por ejemplo, argumentaba la existencia de los átomos. Si dividimos una masa en sus partículas más pequeñas e indivisibles, se llegaba al “mundo” de los átomos, que existía a pesar de que no las podíamos ver. Pitágoras, a su vez, creó la religión de números, alegando que las matemáticas revelaban verdades sobre el mundo que no eran inmediatamente obvias; el mundo para este era un número. Platón quizás encapsuló el espíritu del mundo griego en su cuento de la cueva. Solamente al utilizar la luz de la razón, el hombre podía escapar de la oscura ignorancia que lo mantenía en un tipo de prisión. La examinación del mundo natural, basado en una lógica rigurosa, lo llevó a muchas de sus más profundas verdades. Las limitaciones del pensamiento griego no subestiman el éxito de sus logros.¹²⁷

He aquí donde podemos encontrar el espíritu de la cultura griega. Los griegos se dejaban llevar por la razón y aceptaban conclusiones que no eran inmediatamente obvias o que quizás contradecían el pensar común de su día. Aunque hoy se acepta la realidad del átomo tal real como si fuese el mismo bolígrafo con que escribimos, hay que recordar que la realidad de estos objetos (átomos) no era incuestionablemente cierta a través de la mayoría de la historia humana. Los átomos entonces no eran entidades tangibles y verificables sino creaciones intelectuales, tan ficticias y equívocas como cualquier obra de arte. Ellos no tenían prueba directa de su “átomo” como existe hoy día; el mundo todavía era un poema. No obstante, los griegos aceptaron la fe de su razón para dejarse llevar a sus conclusiones y, más importante aún, aceptar estas mismas independientemente de cuán absurdas parecían ser. La valentía griega en tener fe en su la razón quizás se puede notar por el hecho de que el mundo occidental no llegó a aceptar la realidad del átomo hasta casi dos mil años más tarde; aún en 1900 habían químicos que negaban su existencia. El ser humano, a pesar de su lógica, es una criatura irracional que en raras ocasiones confía genuinamente en su propio pensamiento.

Aristóteles (400-300 BC): la moción “natural”

Aunque el mundo intelectual griego era tan rico como diverso, una figura en particular estableció el paradigma central que rigió el mundo occidental antes de la Revolución Científica: Aristóteles. Estudiante de Platón y muy influenciado por este en el siglo IV AC, Aristóteles llegó a rechazar las

ideas principales de su maestro. Después de sus estudios, Aristóteles fue tutor de Alejandro el Grande, antes de que este fuese “grande”.¹²⁸ Crea su propia escuela, el Liceo, cuyos maestros y estudiantes se llamaban “peripatéticos” debido a que tendían a caminar mientras que hablaban y filosofaban. De las 150 obras aristotélicas, solamente sobrevivieron 30 en forma de notas de clase. Su rango de estudio y análisis se extiende a través de la mayoría de los campos científicos: filosofía moral, biología, física, y astronomía, entre múltiples otros. Los últimos dos serían utilizados por los teólogos católicos para crear la visión universal que predominaría la época medieval.

Aristóteles cortó al universo en dos. Su espada dividía el mundo por la órbita de la Luna. La primera región fue definida por lo que existía al exterior de la Luna o el mundo de las estrellas. Lo celestial era el mundo del ser eterno, perfecto y sin modificación alguna. Aquel mundo inferior a la Luna era el mundo humano lleno de cambio, imperfecto, errático e impredecible. El movimiento en cada región tenía diferentes características y “reglas de movimiento”, o lo que hoy llamaríamos física. Mientras que el movimiento sublunar consistía en la aplicación de una fuerza externa de manera lineal e inconsistente, el movimiento estelar era lo opuesto: libre de restricciones y circular. Todo en la Tierra tendía a gravitar al centro porque esta era el centro del universo. Es fácil ver como la Iglesia Católica incorpora este esquema en su visión bíblica del cielo y el infierno.¹²⁹

El mundo extra-terrenal dentro de la cosmología aristotélica estaba dividido en esferas cristalinas que literalmente mantenían las estrellas, los planetas y la Luna en sus respectivas posiciones. El punto central y fijo de este orden cosmológico era la Tierra, alrededor del cual todo giraba. Aristóteles había tomado prestado este modelo de Eudoxo, un matemático que lo inventó para explicar los eclipses solares. Pero la diferencia entre Eudoxo y Aristóteles era que, para el primero, el modelo era puramente matemático para ayudar a predecir ciertos fenómenos astronómicos, mientras que para el segundo, el modelo era tan real como la palma de su mano, un hecho que coincidía con su filosofía antiplatonista. La metafísica, término aristotélico, del segundo pensador incorporaba el mundo de las ideas en el mundo físico, en comparación con la de su mentor (Platón), que las mantenía separadas. La idea de la forma y el cuerpo eran inseparables.

Para Aristóteles, el movimiento dentro del mundo sublunar era afectado por la composición material de los objetos que residían en esta región. La física estaba íntimamente atada a la química en este esquema. Como cada elemento trataba de buscar su lugar natural en el mundo, llevaban a los objetos que los componían a sus respectivas posiciones en el mundo. Los cuatro elementos principales—la tierra, el fuego, el aire, y el agua—se movían naturalmente en distintas direcciones, como todos podemos apreciar hoy en día. Mientras que toda tierra trataba de moverse al punto central de la tierra, el fuego era su contrario y trataba de moverse hacia la zona estelar. Por lo tanto, cuando un objeto compuesto de “tierra” caía, siempre caía en dirección hacia

Rodrigo Fernós

el centro de la tierra, mientras que toda cosa que se quemaba, subía hacia las estrellas.

Hay que notar que la física para Aristóteles es el resultado de varios tipos de movimientos: el “violento” y el “natural”. El movimiento en sí, es decir el correr o el tirar una piedra al aire, era una acción “violenta” que iba en contra del movimiento intrínseco de sus elementos. El correr, por ejemplo, violentaba el movimiento natural de los elementos en el cuerpo humano hacia el centro de la tierra. Mientras que en la mayoría de casos se podía utilizar este esquema fácilmente, tenía resultados que para un moderno parecen extraños. Aristóteles alegaba que, cuando se tiraba una piedra al aire, esta se mantenía en movimiento por las contracorrientes del aire mismo. Cuando este efecto “propulsivo” del aire terminaba, la piedra caía en una línea directamente a la tierra debido a la acción “natural” de los elementos que la componían. Para Aristóteles, la trayectoria de la piedra no era una curva, sino un triángulo. Elementos parecidos de este esquema físico-astronómico fueron señalados del pensar natural de Mesoamérica pre-Colombino.¹³⁰

Precursores a Copérnico: los epiciclos

Durante el periodo helénico, entre 300 y 100 DC, la cosmología aristotélica tuvo algunas revisiones. Apollonius, y luego Hipparchus, añadieron al modelo los “epiciclos”. Estos cambios luego fueron incorporados por Claudio Tolomeo en su obra *Almagesto* durante el siglo II DC.

Era obvio que el modelo de Aristóteles tenía algunos problemas, el principal de ellos era la descripción de los planetas. La palabra “planeta” indica tales problemas ya que se refiere a estrellas que se mueven erráticamente. Si se mira a las estrellas en la noche, se puede observar que, en general, todas se mueven del este al oeste en un gran arco convexo. Pero, si se observan las estrellas noche tras noche, uno se da cuenta de que algunas estrellas cambian de posición con respecto a las demás; la demás se quedan “fijas” en su posición relativa. Estas pocas se mueven hacia atrás, o en un movimiento retrocesivo. Debido a este movimiento peculiar y errático de tales estrellas, los griegos las llamaron “planetas”, es decir estrellas “nómadas” o “vagabundas”.

Obviamente, el modelo de Aristóteles no podía explicar muy bien el movimiento de los planetas. Si el mundo celestial era perfecto y circular, ¿cómo explicar los erráticos planetas? Las dificultades teóricas propició la introducción del epiciclo, principalmente un concepto matemático para “salvar el fenómeno”. El epiciclo consiste en añadirle otro círculo al modelo matemático, poniendo al planeta en otro eje sobre su eje central. Estos, como los juegos de niños, explicaban fácilmente el movimiento planetario—a primera instancia.

La pérdida y la readquisición del saber griego

La caída del Imperio Romano afectó el desarrollo de la ciencia europea. Los romanos habían proporcionado la infraestructura política y económica que mantuvo su base intelectual griega a un nivel relativamente alto.¹³¹ Por lo tanto, la caída del imperio conllevó no sólo la caída de un mundo social, sino la pérdida de la sabiduría griega. Majestuosas bibliotecas como la de Alejandría, que contenían todo el conocimiento clásico, fueron quemadas por la ignorante avaricia y paranoia del hombre. Como el caso maya, los sobrevivientes tenían poca idea de la riqueza intelectual que les había precedido. Pocos entendían el “como” y el “porqué”. La ciencia, como todo saber, es un fenómeno socio-cultural y, por lo tanto, sujeto a deterioro tanto como a mejora. Las ideas y conceptos se “desvanecieron” como figuras trazadas en la arena. Si no hubiese sido por la difusión de textos clásicos al mundo árabe durante las conquistas anteriores de Alejandro el Grande, esta naciente cultura científica se hubiese perdido para siempre. Sin este accidente histórico, todavía estaríamos viviendo en un estado primitivo.¹³²

Inesperadamente, la contribución árabe al el saber griego no fue muy innovadora comparativamente; no dieron a la Revolución Científica. Mientras que escritores como Ibn Rushd, Al-Hazen, o Al-Kwarizmi escribieron profundos comentarios de los textos, tendían a estar limitados por el pensamiento religioso del Corán. Todo descubrimiento o idea que iba en contra del Corán tendía a negarse, así limitando gravemente el progreso científico del mundo árabe. A pesar de que los árabes apreciaban los resultados de la lógica griega, no emularon su libre espíritu intelectual al ponerle riendas psicológicas. Desde un punto de vista histórico, la función más importante del pensar árabe fue la preservación de estos textos, que para 1250 AD ya se habían sido reintegrados al mundo Europeo.

Varios factores fomentaron la creación del renacimiento europeo. Para 1100, surgió una estabilidad social. Las ciudades empezaron a crecer, el mercado e intercambio de bienes aumentó con la creciente paz interestatal. La expansión del mundo árabe desde el siglo VIII dentro de España, ayudó a reestablecer el contacto europeo con los griegos, que estos habían perdido.

Pero la invención de la imprenta por Johannes Gutenberg en 1453, directamente reestructuró trascendentalmente la difusión de la información de la época. La imprenta redujo drásticamente el precio de la información, haciendo accesible textos que antes solo los ricos podían comprar. Del mismo modo, hubo un cambio en la lengua de expresión intelectual o “cultura”, desde el latín al vernáculo, lo cual facilitó a mayor nivel la adquisición de información en la población. Lo común, por el mero hecho de ser común, sería tan importante como lo raro; el precio de la información sería independiente de su contenido interno. Finalmente, la imprenta alteró la concepción del conocimiento social. Se opinaba en el mundo medieval que el conocimiento tendía “naturalmente” hacia la decadencia, debido a los inevitables errores

Rodrigo Fernós

humanos que se cometían en los monasterios donde se copiaba todo documento. Bajo este esquema, el hombre tenía que constantemente añadir energía y esfuerzo para mantener su poco conocimiento, análogo al concepto aristotélico del movimiento.

Francis Bacon rompió con este esquema, demostrando el error del concepto “*ne plus ultra*”. Si se comparaba los conocimientos de su época con la sabiduría de sus antepasados, estos habían aumentado. Los griegos no tenían la imprenta, el compás, o la pólvora. La imprenta, por lo tanto, “estabilizó la sabiduría”, factualmente y filosóficamente. Cada copia de un libro iba a ser fiel y exacta al original, rasgo que hoy damos por sentado.

Estos eventos—la imprenta, el orden social y la preservación árabe de los textos griegos—fueron precedentes importantes a la Revolución Científica.

Nicolás Copérnico

El que inició la Revolución Científica solo quiso mejorar el modelo planetario de Tolomeo. La intención de Nicolás Copérnico (1473-1543) no había sido revolucionar sino conservar la herencia clásica.

Un monje en lo que ahora es Polonia, Copérnico tenía dudas sobre el sistema tolemaico al pensar que era una aberración de los ideales platónicos. Platón, por ejemplo, alegaba que el mundo físico se modelaba por formas ideales que existían en otro plano—formas perfectas tales como el círculo. Ciertamente, si se observan los detalles del modelo tolemaico, se nota que se habían añadido docenas de modificaciones temporeras, como si se usase cinta adhesiva para arreglar un carro.

Para mejorar su función predictiva, por ejemplo, Tolomeo había introducido el “excéntrico” y el “ecuanté”. La Tierra, en su emergente esquema, no estaba localizada exactamente al centro del universo, sino un poco fuera de este: el punto “excéntrico”. Al igual, el eje de los planetas que se utilizaba como punto de referencia para calcular sus movimientos epiciclares tampoco estaba localizada en el mismo centro sino un poco fuera de este. De esta manera, el movimiento de un planeta alrededor de su órbita se mantenía constante al medirlo en relación a los ángulos. Vemos modificaciones del ideal platónico con el uso del equante, en el cual la velocidad de un planeta variaba con el cuadrante o el ángulo por el cual rotaba. Aunque el periodo final siempre seguía siendo el mismo, su movimiento a través del cielo era errático, una aberración de ángulo (ecuanté) en vez de posición (excéntrico). El modelo no era una copia fiel y exacta del modelo aristotélico, pero lo mejoraba. Dichas imprecisiones eran aberraciones “blasfemas” para Copérnico.

Copérnico invirtió la línea del pensamiento ptolemaico al postular un modelo con el sol en el centro del universo y la Tierra circulando a su alrededor, eliminando así la necesidad de los epiciclos, el excéntrico y el equante. Emulando el ideal platónico del modelo simple, Copérnico quiso eliminar

tantas tecnicidades que le había añadido Ptolomeo para que el modelo estuviera más en acuerdo con los hechos observados. O, por lo menos, tal había sido su intención es sus primeras versiones.

Al igual que Charles Darwin, Copérnico tomó mucho tiempo para desarrollar sus ideas, a pesar de que haber formulado las ideas principales de su teoría tempranamente. En 1510, este escribió un panfleto que brevemente las describía, cual circuló solo entre sus más íntimos amigos. Poco antes de morir, publica su *De Revolutionibus* en 1543, en el que describe su modelo con más detalle que en su joven publicación.¹³³ Curiosamente, Copérnico añade elementos como los epiciclos para mejorar su función predictiva, en un modelo que llegó a volverse más complicado de aquel presentado en su primer panfleto. Su modelo llegó a tener un total de 34 epiciclos, lo que explica el porqué le tomó 30 años a Copérnico publicarlo. Hay que señalar que, aunque su modelo final fue más complicado de lo el hubiese querido, el modelo de Tolomeo utilizaba 70 epiciclos.

Tycho Brahe y Johannes Kepler

Aunque Copérnico trató de simplificar la obra de Tolémico, su modelo no fue generalmente aceptado en público. Inicialmente, la Iglesia lo percibió como técnicas matemáticas, falsamente guiados por el editor del libro, Osiander. Al ver, eventualmente, que Copérnico había intentado creado una descripción real del universo, la Iglesia Católica en Roma reacciona y coloca su libro en el Índice de Libros Prohibidos en 1616. La comunidad astronómica pensó que Copérnico realmente había hecho una mejora y tuvo más apoyo privado de los que se reconocía públicamente.

Uno de los astrónomos que leyó el panfleto de 1510 fue el astrónomo danés Tycho Brahe (1546-1601). Un hombre excéntrico de familia adinerada, este favoreció el modelo copernicano, e inicia un proyecto de medidas rigurosas sobre las posiciones de los planetas. Con el apoyo político y económico del Rey danés, obtiene el observatorio en la isla *Uraniborg*, en el cual construye un cuadrante gigantesco para obtener las más exactas medidas de la época. En 1573, publicó, *Stella Nova*, sobre una nueva estrella que observó formarse en el cielo nocturno, al igual que un tratado sobre un cometa de 1577. Sus observaciones son importantes en parte porque demostraron sin lugar a dudas que la esfera celeste no era tan perfecta como Aristóteles alegaba; el cielo no era tan distinto a la tierra de lo que se pensaba. Pero quizás la mayor importancia de Brahe fue su contratación del genio matemático Johannes Kepler (1571-1630).

Desde temprana edad, Kepler había demostrado una tremenda habilidad matemática. Publicó su *Mysterium Cosmographicum* en 1596, una observación sobre el universo. Este alegaba que había solamente 6 planetas porque habían 5 figuras geométricas perfectas que contenían los 6 planetas. Ciertamente, Kepler en un “genio loco” y sus escritos se caracterizaban por un

Rodrigo Fernós

profundo misticismo excéntrico.¹³⁴ No obstante, este extremo misticismo, acoplado con un empirismo riguroso, lo motivó hacia una intensa búsqueda por el orden matemático del universo, logrando descubrir genuinos patrones planetarios al nivel de Newton. Luego de su publicación, Kepler reconoció la necesidad de mejores cifras del movimiento planetario para su obra teórica, lo que lo llevó a trabajar para Brahe. Debido a la exactitud de las cifras brachianas, a oportunidad de trabajo fue única, llevando Kepler a su pequeña revolución astronómica.

Brahe había ordenado a Kepler que trabajara con el planeta Marte. Tan confiado estaba, que Kepler alegó que resolvería el problema de la revolución del planeta en 8 días. En actualidad, le tomó más de 8 años, publicando sus resultados en dos tomos: *Astronomia Nova* (1609) y *Harmonici Mundi* (1619). Kepler desarrolló tres observaciones sobre el movimiento de los planteas, conocidas ahora como las tres leyes de Kepler.

La primera era que los planetas no se movían en círculos perfectos sino en elipses. La segunda era que el movimiento de un planeta no variaba en velocidad—si se utilizaba el área que este recorría en la elipse como base de cálculo. La tercera ley que el periodo de revolución de un planeta estaba directamente relacionado con la distancia de este del sol. Todos los planetas mantenían una fracción constantes de: t^2/d^3 en que “t” es el tiempo (periodo) y “d” la distancia del sol. Estas tres leyes sirvieron como base o “hombros” del trabajo de Newton.

Galileo y las manchas católicas

Brahe no fue el único en observar que los cielos no eran tan perfectos como la Iglesia alegaba. Como dice el refrán puertorriqueño, no se puede tapar el cielo con la mano. Gradualmente se acumuló información que apoyaba las irregularidades del universo pos-lunar. Cuando apuntó su telescopio al cielo, Galileo Galilei (1564-1642) añadió otro eslabón al argumento copernicano, debilitando a su vez el orden universal creado por la Iglesia Católica.

Galileo no inventó el telescopio. El instrumento ya se usaba para propósitos principalmente marítimos y militares. Pero, al estudiar los cielos con el instrumento, Galileo descubrió un sinnúmero de anomalías con el esquema aristotélico adoptado la Iglesia Católica. Este notó, por ejemplo, que el planeta Venus tenía fases tal como las tenía la Luna. Descubrió que Saturno tenía manillas a su lado. (El telescopio de Galileo no era lo suficiente poderoso como para identificar los anillos de este planeta). Observó que la Luna era imperfecta con un gran número de cráteres; el Sol, por su parte, tenía puntos que parecían rotar alrededor de este, lo que se refiere hoy como manchas solares. Finalmente, Galileo observó que Júpiter también tenía sus propias lunas.

Quizás fue esta última observación la más contundente para la destrucción del sistema aristotélico. Al ser tan abarcadora y sistemáticamente unísona, la cosmología católica podía ser derrumbada por unos pocos hechos. La Iglesia había cometido el error de crear una visión estática basada en una disciplina en interminable cambio.¹³⁵ Si un planeta tenía sus propios satélites, ¿qué impedía que el Sol, más grande y majestuoso, también tuviese satélites girando a su alrededor? Si el mundo post-lunar era tan perfecto, ¿cómo se explicaba el porqué de las manchas en estos cuerpos celestiales? El mundo estelar no era como se pintaba. El ser humano tampoco aparentaba estar en su centro. Al hacer sus señalamientos científico, Galileo derramó tinta sobre una mancha oscura al blanco manto ideológico de la Iglesia Católica.

En su *Siderius Nuncio* de 1610, Galileo ataca con poca misericordia el modelo cosmológico católico. Galileo era un buen escritor y toma un tono atrevidamente burlesco hacia una de las instituciones más poderosas de la época. Presenta sus ideas a través de una serie de charlas entre varios personajes, que argumentan entre sí sobre los méritos de una visión u otra. La posición católica es caracterizada como la de un necio con conocimiento no-muy-sofisticado de la naturaleza. Irónicamente, el propósito de Galileo era reformar la Iglesia Católica y conseguir que esta reformase su conceptualización teológica. Desafortunadamente, y quizás de esperarse, lo único que logró conseguir fue la ira de la Iglesia. Esta lo condena a arresto domiciliario por el resto de su vida.

Si el libro hubiese sido su única contribución, ya hubiese sido de gran significancia. Pero la función de Galileo fue de mayor amplitud. Hasta que no se haya conseguido un nuevo modelo, se sigue utilizando el modelo viejo—no importa cuan defectuoso sea. He aquí donde Galileo resalta. A pesar de su tono sarcástico y burlesco, ayudar a establecer una nueva conceptualización del movimiento. Galileo ayudó a crear una nueva física y así un nuevo modelo cosmológico.

Inercia

Como se podrá imaginar, un aspecto central de la Revolución Científica fue el desarrollo del concepto de la inercia. Como se ha visto, para Aristóteles el movimiento era algo natural en el que las cosas trataban de buscar su sitio natural o “propósito”. El ámbito humano se proyectaba de manera freudiana al mundo natural; las ambiciones y las tragedias eran compartidas metafóricamente por todos los entes del universo. El movimiento del proyectil era una “desalojación” de su movimiento natural y, por lo tanto, “violento”. Si se crea una fórmula matemática para describir el movimiento aristotélico, como demuestra Isaac Cohen, se podría definir como la siguiente: V es proporcional a F/R donde F igualaba a la fuerza aplicada y R el medio en el cual se movía el objeto.¹³⁶

Rodrigo Fernós

Este concepto había sido modificado durante el Renacimiento. Philoponus originó la idea del “ímpetu” para explicar el movimiento de los objetos al cesar la fuerza externa que inició dicho movimiento—foco problemático en el esquema aristotélico. Este lo caracterizó como una propiedad secundaria que adquiriría el objeto de la fuerza externa, pero temporalmente. Al lanzar una bola, la mano le rendía una propiedad secundaria e impermanente. Era como pintar un cuadro de color rojo, que a lo largo de los años se desvanece a su color original. El beneficio del concepto era que, por lo menos, no se tenía que utilizar el aire como excusa anómala del movimiento. La idea luego fue más desarrollada por Jean Buridan en la Universidad de París en el siglo XV, cuando argumentó que todos los objetos naturalmente tenían el “ímpetu” como una cualidad innata. Curiosamente, argumentó que si se tiraba una piedra en el vacío, esta viajaría para siempre hasta sobrepasar los fines del universo. Pero, como en esa época el universo era limitado por la esfera de las estrellas, Buridan usó el argumento para probar que el vacío no existía.

Galileo estudió meticulosamente el movimiento utilizando bolines sobre una tabla diagonal para atrasarlos, así redefiniendo el concepto de la inercia y descubriendo su ley de caída libre (o ley de cinética). Para él, no había diferencia entre un cuerpo en movimiento y un cuerpo en descanso; la inercia aplicaba igualmente a ambos casos. Hipotéticamente, si uno empujara una bola de metal sobre una mesa lineal, infinita y sin fricción, la bola seguiría rodando para siempre. Como la Tierra por sí es redonda, una bola hipotética seguiría en la mesa alrededor de la tierra indefinidamente—de no ser por la presencia del aire y la fricción.

En sus estudios Galileo también se dio cuenta de que la rápida caída de un objeto no era relativo a la distancia, sino al tiempo. Es decir, su velocidad variaba con el tiempo en el cual este había cambiado de posición y no con la distancia viajada—diferencia sutil pero importante. Al ingeniosamente usar una mesa inclinada para atrasar el movimiento de caída de los bolines, le permite a Galileo medir fielmente los intervalos de tiempo, con resultados válidos a pesar de usar un impreciso reloj de agua. A pesar del tamaño y peso del bolín, todos caían con la misma velocidad. Estos estudios lo llevan a establecer la fórmula matemática de caída libre, en que $d = (1/2)at^2$. En otras palabras, que la distancia en que caerá un objeto era el cuadrado del tiempo que lleva viajando.

El concepto fue desarrollado luego por René Descartes y Christiaan Huygens. A pesar de sus grandes avances, Galileo mantenía una diferencia entre el movimiento estelar y el terrenal. Descartes se deshace de esta división y sostiene que la inercia es un movimiento universal natural de forma lineal. Un objeto en movimiento no tiene mente y, por lo tanto, va a moverse en una línea directa hasta que choque con algún otro objeto, provocando un cambio de rumbo. Descartes, un racionalista, postula un mundo completamente atómico en el que solamente los movimientos de estos constituían el universo. Dios no

tomaba parte en el esquema. Luego crea una serie de leyes de “choque de átomos” que, desafortunadamente, estaban gravemente incorrectas al ser asimétricos e irreversibles.¹³⁷ A pesar de estas equivocaciones, Descartes origina la ley de conservación de momento: la energía total de la colisión va a ser igual después de la colisión que antes de la misma.¹³⁸

Pero, si el movimiento natural, o la inercia, es lineal, cómo, entonces, se puede explicar el movimiento circular de los planetas y las estrellas? ¿Qué diferencias o similitudes existían entre ambos? Huygens se da cuenta que mv^2 va a ser la misma después de la colisión y aplica esta observación al movimiento circular.¹³⁹ Huygens describe el movimiento circular en términos lineales, así “cuadrando el círculo”.

Cuando una masa se mueve, su tendencia natural es el movimiento en una línea recta. Esto significa que para moverse en trayectoria circular, la masa necesita una fuerza constante aplicada para que se mantenga en órbita circular, o una fuerza “centrípeta” que se mueve hacia el centro del círculo rotatorio. Huygens crea la fórmula $F=mv^2/r$ para la medida de la fuerza centrífuga, o aquella que tiende a empujar el objeto hacia afuera. Bajo este esquema, objetos en órbita como la Luna constantemente estaban “cayéndose” hacia la Tierra, sin nunca arribar a su destino. Por medio de la fórmula, Huygens también descubre una medida detallada de la fuerza de gravedad.¹⁴⁰ Nótese la similitud entre la fórmula de Huygens y la fórmula de Einstein, $E=mc^2$.

Hasta el siglo XVII, el concepto del movimiento se transforma de uno localmente definido a una calidad secundaria y luego a uno matematizado. Isaac Newton lo transformará a un concepto universal, aplicable desde los soles más grandes hasta las partículas más pequeñas.

Capítulo 12

EL CATOLICISMO, EL PROTESTANTISMO Y LA CIENCIA: LA INQUISICIÓN

*Nuestro país es una tierra de...barbarie. Por ahora parece que ahí abajo [España] uno no puede poseer cultura sin ser sospechoso de herejía, error o judaísmo. Así es como se ha impuesto el silencio en los leídos. Para aquellos que pueden encontrar refugio en la erudición, los han llenado, como usted dice, con un gran terror...En Alcalá, están tratando de erradicar el estudio de los griegos por completo.*¹⁴¹

—Rodrigo Manrique,
hijo del Inquisidor General
(1533)

Cuando gritan el emotivo insulto “¡vete para el carajo!”, raramente se considera el significado de la peyorativa ofensa. Un individuo le esta ordenando a otra persona que vaya a tal sitio (carajo), típicamente refiriéndose al infierno—un punto obvio que no es tan obvio. ¿Qué nos referimos por estos términos? ¿Qué podría causar tanta ofensa por el uso del concepto “infierno”?

La idea, una profunda cueva en llamas caracterizado por su hostil ambiente, es parte de una cosmología más grande idealizada por Santo Tomás Aquino. Su común presencia en el mundo hispano-parlante se debe a la contundente herencia religiosa. Aquino había incorporado la recién descubierta filosofía aristotélica para crear una duradera visión físico-espiritual en la teología cristiana. Como el universo incrementaba en su imperfección desde el externo territorio post-lunar hacia el sub-lunar, lógicamente sugería que el peor de los mundos se ubicaría en el centro de la tierra—aquel en constante e imperfecto cambio, el mundo de la muerte y la decadencia. La obra de Dante Alighieri capturaba el macrocosmos de la imaginación medieval.

Podemos ver en esta superficial visión del infierno, la sorprendente influencia de la “ciencia” griega en un imaginario que persiste hasta la actualidad. La frase también es útil para entrar en la relación entre la ciencia y la religión, que típicamente se caracteriza como una poco armoniosa. Ambos bandos la habrán usado de vez en cuando. No obstante, podemos preguntar ¿cual ha sido la relación entre estos? ¿Ha sido una de choque o de amistad?

Como veremos, su interacción ha sido compleja y contradictoria, que difícilmente podríamos caracterizar sin cualificadores en ambos lados.

Complejidad del tema

La versión común y típica, que todavía persiste en muchas partes de la academia, es una imagen de batalla entre las fuerzas de la religión contra las de la ciencia. Donde sea que exista la religión, la ciencia se disminuye a una disciplina secundaria. Una variante de esta versión es que la Iglesia Católica reprimió el desarrollo científico de España y América Latina por medio de la Inquisición.

Tales versiones han creado a una serie de polémicas que rara vez se basan en investigación objetiva. Mientras que hay elementos verídicos en estos, la realidad de la interacción entre las dos es más compleja y sutil de lo que estas polémicas dan a entender. Como veremos, no se puede categorizar tajantemente el bando “bueno” y el “malo” en esta historia, tal como si fuese a la relación entre Dios y Satanás. Existen conclusiones que algunos llamarían “contradictorias”. La religión ha contribuido así como ha inhibido el desarrollo científico.

Uno de los problemas principales del tema es que se tiende a proyectar la infraestructura de nuestro mundo intelectual hacia el pasado. Las ciencias de hoy, la geología, meteorología o la física, no estaban especializadas o bien definidas, ni intelectualmente como profesionalmente, en el mundo medieval. Los estudios de fenómenos naturales se clasificaban bajo la filosofía y tendían a incluir elementos que ahora se consideran religiosos o metafísicos. Durante la mayor parte de la historia, la “ciencia” no se veía tan independiente de la religión como se tiende a presumir.¹⁴² Tal es su mutua identidad, que la Revolución Científica es llamada por algunos historiadores como la creación de una teología secular. Tanto Newton como Kepler pensaban que estaban llegando a Dios por medio de sus estudios.

Otro problema que tiende a existir en esta polémica es la cualificación de una u otra religión como necesaria para el desarrollo científico, implicando una actitud peyorativa hacia las demás. Debido a la posibilidad de una conexión temporal, se hace una conexión causal. Algunos alegan que los únicos científicos importantes que han existido en la han sido judíos, como el reconocido Albert Einstein. Existen parecido argumentos en el ámbito cultural, tal cuando científicos alemanes alegaron que su cultura era más propicia para la ciencia poco antes de la Primera Guerra Mundial. Inversamente, se ha usado para darle valor putativo a una religión en particular, como la musulmán, como para atacar el esquema de valores de otra, como es el caso de la católica. Pero tales relaciones son difíciles de comprobar, a la vez de que son inconsistentes históricamente. Los centros científicos se mueven entre regiones geográficas al igual que entre regiones religiosas o culturales. Ninguna nación tiene un monopolio sobre la creación de nuevas ideas o descubrimientos; todas tienden a tomar prestadas útiles innovaciones de otros lugares.

Rodrigo Fernós

Se podrá observar que, si en algunos casos el esquema de valores tiene efecto directo en el contenido científico, en la mayoría el efecto es indirecto y externo. Por ejemplo, aunque ciertamente existieron muchos destacados científicos que eran judíos a fines de siglo XIX, estos no tenían muchas profesiones abiertas en la cual se podían desempeñar. Por lo tanto, tendían a predominar demográficamente en las profesiones rechazadas por otros, como las científicas. También no se puede olvidar que muchos de los ejemplos usados provienen de Alemania, que habían sido una fuerza científica desde la segunda mitad del siglo. También hay que tener en cuenta que la Segunda Guerra Mundial ayudó a consolidar esta prominencia debida a la emigración de los más importantes a Estados Unidos, donde tuvieron un sinnúmero de recursos a su disposición durante la guerra.

Por lo tanto, la prominencia de los judíos en la ciencia del siglo XX se vio afectada por una serie de factores sociales que tuvieron nada que ver con el contenido interno de su religión. La explicación no se debe a la teología judaica per se, y consecuentemente no se puede utilizar para justificar o denunciar a esta. Los casos del protestantismo y catolicismo demuestran parecidos lazos indirectos—en contraste con la islámica.

La tesis de Merton

Robert K. Merton tuvo un buen señalamiento.

Al decir que el mundo terrenal estaba corrompido, los miembros de la Iglesia Católica se habían aferrado al monasterio, rechazando así la interacción con el mundo natural. A la vez, estos alegaban que sólo la Iglesia podía interpretar a Dios, otorgándole tremendo poder intelectual a sus administradores.¹⁴³ Cuando en 1517 Martín Lutero colocó sus 95 propuestas en la puerta de la iglesia de Wittenburg, atacó las bases intelectuales sobre la cual esta estructura social católica había sido construida. El alegar que el individuo podía tener una relación directa con Dios, otorgó libertad intelectual a los miembros de su congregación, que restauró el raciocinio público del hombre e inconscientemente ayudó a revolucionar la ciencia de la época. Al liberar al cristiano de la burocracia católica, Lutero liberalizó la comunión del intelecto humano con el mundo natural.¹⁴⁴

Merton extendió la tesis de Max Weber sobre la relación entre el protestantismo y el capitalismo a la actividad científica, proveyendo una nueva interpretación sobre las causas de la Revolución Científica. El protestantismo influyó positivamente el desarrollo científico porque creaba una sociedad que le daba valor a la actividad científica en un momento histórico cuando la ciencia no se había diferenciado de la filosofía ni cuando existían fuerzas económicas estimulando su práctica.

Las estadísticas denominacionales demuestran el punto de Merton. Los puritanos constituyeron un 62% de la Real Sociedad de Londres, organización céntrica de la Revolución Científica, a pesar de que estos eran

una minoría del país. De mismo modo, 80 de los correspondientes europeos a la Academia de las Ciencias francesa entre 1666 y 1885 eran protestantes—en comparación con los 18 católicos. Entre 1543 y 1660, de los 10 intelectuales que activamente adoptaron y defendieron las teorías de Copérnico, solamente 3 fueron católicos. Entre 1550 y 1750, el porcentaje de científicos católicos en Europa disminuyó de un 23% a un 9%, a pesar de que su número real se mantuvo relativamente constante, entre unos 25 a 30. Lo sorprendente de todas estas cifras es que la población europea era predominantemente católica. No es difícil demostrar que hubo algún tipo de correlación entre el protestantismo y el desarrollo científico.

Pero existe un número de problemas con el teorema de Merton. El argumento que usó no había sido con el protestantismo en general sino con una versión más limitada: el puritanismo. Se podría suponer que todo el sector puritano tenía una fuerte afiliación con la ciencia a través de la historia, pero no ha sido el hecho. Los bautistas norteamericanos han demostrado una baja participación científica. También hay que señalar que no todas las naciones protestantes han sobresalido en la ciencia. Suecia, por ejemplo, decayó como nación científica durante el siglo XIX. Todavía no se ha hecho un estudio riguroso sobre la demografía europea en relación con la Revolución Científica. Curiosamente, ni Lucero ni Calvino aceptaron las teorías de Copérnico. Debido a estas razones, algunos alegan que los factores macrosociales, tales como los cambios económicos, tuvieron un mayor impacto que la religión protestante. De mismo modo, la institucionalización secular de la ciencia se venía estableciendo mucho antes de la creación del protestantismo.

Otros problemas residen en las implicaciones con respecto al campo contrarreformista. La Iglesia Católica no rechazó al copernicanismo inicialmente, sino que lo aceptaba como modelo matemático. Solamente cuando Galileo insistió sobre en tema, a la vez que combatía los jesuitas de alto rango en la Iglesia, fue que esta llegó a condenar el modelo. Algunos señalan que no fue tanto los valores internos de la ciencia, sino los efectos externos como la Contrarreforma que tan negativamente afectó a los países católicos. En otras palabras, al crearse un partido diferenciado, o grupo social opuesto, se crearon dinámicas sociales que no hubiesen existido sin la presencia de esta división partidaria. La Inquisición no rechazaba las obras científicas por su contenido científico *per se*, sino que rechazan toda obra a base de la religión del autor. Otros países católicos, como Italia y Francia, tenían un número de científicos relativamente altos en comparación con España y Portugal al principio del siglo XX. La ciencia todavía no era de gran importancia para la mayoría de los gobiernos mundiales; reclamarle más importancia a la ciencia durante el periodo sería cometer un error anacrónico.

El tema es aún más complicado de lo que podemos suponer. Irónicamente, cuando se introdujo por primera vez la literatura griega a Europa, la reacción reaccionaria inicial de la Iglesia Católica llevó a un esquema cosmológico parecido al moderno.

Rodrigo Fernós

Aristóteles, por ejemplo, alegaba que 1) solamente existía un mundo y que 2) el vacío no podía existir, entre otros comentarios aparentemente contrarios a la fe. Estas ideas implicaban que habían ciertos límites a los poderes de Dios; la cosmología aristotélica operaba relativamente independientemente de Él. Después de todo, si Dios era todo-poderoso, también podía crear el vacío si así lo quisiera.

Para contra argumentar dichas limitaciones sobre el vasto poder de Dios, los teólogos católicos alegaron que 1) existían un sinnúmero de mundos, que 2) el mundo era infinito y que 3) existía un vacío entre todos estos mundos. Es decir, la reacción inicial de la Iglesia, conservadora desde un punto de vista teológico, llegó a crear un mundo sorprendentemente en acuerdo con el punto de vista científico moderno. Desafortunadamente, la Iglesia Católica no mantuvo esta posición por mucho tiempo, desembocando en una forma extrema de subjetividad intelectual cuasi-posmodernista que inhibió la actividad científica. Como Dios era todo-poderoso y, por lo tanto, podía cambiar todo en cualquier momento, el hombre no podía saber nada con respecto al mundo natural. Algunos teólogos como Jean Buridan no mantenían esta posición.¹⁴⁵

Por estas y otras razones, su historia indudablemente provee una visión mixta de su influencia. La religión católica no se puede caracterizar estrictamente como causa *sine qua non* de la decadencia de la ciencia en el mundo hispano, a pesar de haber jugado un papel. De hecho, hubo una gran cantidad de actividad científica practicada dentro de la Iglesia Católica, en particular en la orden de los jesuitas.

Los jesuitas: el epítome y la antítesis

La prominencia de los jesuitas en el mundo científico europeo es sorprendente. Uno de los padres filosóficos de la Revolución Científica, Francis Bacon, escribió que para crear su mundo ideal científico, usaría como modelo de educación las instituciones de enseñanza jesuita. Los jesuitas proveían una educación de alta calidad a un precio módico, enseñando así a la élite de Europa hasta la mitad del siglo XVIII. Un número de científicos prominentes, como Descartes, había asistido a sus escuelas. Su colectividad producía más trabajos científicos que las demás órdenes combinadas, como los franciscanos y los dominicos. Igualmente, los jesuitas construyeron un sinnúmero de proyectos científicos dentro de las iglesias, tales como líneas meridionales para esclarecer el problema del calendario juliano. Los líderes de las expediciones botánicas en ocasiones eran jesuitas. También habían sido responsables de llevar la cinchona, que curaba la detestable malaria, a Europa por primera vez. Dos de los observatorios astronómicos más impresionantes del siglo XVI habían sido creados por la orden jesuita. Como secta, su obra científica es imprescindible.

A pesar de estos hechos, también se puede señalar que se opusieron fuertemente contra Galileo, a las ideas de Copérnico, a la vez que ser una fuente prominente de la Inquisición. ¿Como hemos de explicar este enigma?

El origen de la orden jesuita refleja las complejidad contradictoria que la Iglesia Católica ha tenido con la ciencia. La orden se fundó en 1540 en el Concilio de Trento, el mismo concilio que fundó en esta época la institución de la Inquisición (1542) y los Índices de Libros Prohibidos o *Index Librorum Prohibitorum* (1543). Todos estos cuerpos tenían la función básica de fortalecer la Iglesia Católica y su ideología, sea por su expansión externa (orden jesuita) o por la defensa interna (Índices). En las Américas, los jesuitas eran responsables por la educación de gran segmentos de la sociedad, desde la elite criolla hasta la del africano y el indio. Pero los jesuitas, en comparación a las otras dos instituciones de la Contrarreforma, valorizaban la educación.

La filosofía de San Ignacio de Loyola se diferenciaba de las otras ordenes en la medida que le daba valor al mundo intelectual. Al argumentar que la educación era un medio de alabanza a Dios, San Ignacio orientó el grupo hacia el mundo de la ciencia, análogo a la ideología protestante. La educación era igual no solo a la oración sino también a la autoflagelación, práctica no-productiva encontrada comúnmente en las otras órdenes. Parecido al sentir protestante, las buenas obras del hombre tenían que hacerse ver en el mundo terrenal, lo que conducía a una perspectiva activa orientada al mundo exterior de sus miembros. Al combinarse con la expansión imperial española y la educación de la elite hispana, fue una orden que creció rápidamente en las Américas, al resentimiento de las otras órdenes religiosas. Se estima que el valor monetario de las propiedades los jesuitas en la América colonial llegó a unos 3 millones de pesos. Su poder económico y la influencia que tenía sobre la mentalidad criolla creó un reto al control del estado español durante el siglo XVIII y por lo tanto su represión estatal. España vino a desmontar ese poder en 1767, expulsando unos 2,600 jesuitas de América y un número similar de España.

Quizás podemos mejor explicar el enigma del ejemplo jesuita con los particulares de su filosofía. Estos tenían una actitud ecléctica hacia las ideas científicas. Creyendo que no se podía saber si una idea era correcta frente a otra, estos tendían a escribir tomos en los cuales se encontraban todo tipo de ideas contradictorias. Su principio del probabilismo dictaba que cualquier idea probaba por un teólogo podría ser verdad. Como tantas posiciones habían sido argumentadas en la historia teológica de la Iglesia, estos tenían muchas posiciones legítimas del cual tomar prestado. Tal epistemología implicaba una moralidad y una ciencia “posmodernista” en su perspectiva del mundo. Su postura era una criticada por las otras órdenes, a pesar de las altas normas de conducta que practicaban la orden jesuita. Un segundo elemento que contribuyó a su eclecticismo intelectual era su método de enseñanza, que usaban cualquier evento científico para magnificar la existencia de Dios ante sus discípulos. En este sentido, su filosofía era simbólica y no trataba de llegar a

Rodrigo Fernós

la realidad del mundo externo sino que la usaba para reflejar verdades de la realidad sobre un intangible dios.

No es difícil detectar el impacto problemático de su postura epistemológica. Aunque su eclecticismo establecía una postura receptiva hacia ideas diferentes, a la misma vez impedía una evaluación rigurosa sobre la validez de estas. El pensador jesuita no se veía forzado a tener un compromiso con una idea en particular, sino que podía vagar libremente entre todas ellas como un Don Juan de la mente. Dicha postura filosófica no conducía al progreso científico, un proceso que involucra el rechazo de ciertas ideas y la aceptación de otras. Por lo tanto, aunque los jesuitas estaban ricamente expuestos a un sinnúmero de ideas y tenían un alto nivel de investigación empírica, no existía un tipo de progreso intelectual. Consecuentemente, como colectividad, no contribuyen directamente a la Revolución Científica.¹⁴⁶ La semilla de su progreso, al igual que de su fracaso, estaba plantada firmemente en su ideología desde el principio. Su rasgos filosóficos se diseminaron a la mentalidad ecléctica del latinoamericano.

Se debe recordar que la orden jesuita se fundó para defender la ideología de la Iglesia Católica en un momento de su historia que se encontraba bajo ataque. No fue establecida para avanzar la filosofía natural. De esperar lo contrario quizás sería juzgarlo por metas modernas y presunciones incompletamente justas.

La Iglesia Católica en América Latina

Si vamos a entender la mentalidad latinoamericana, hay que entender la mentalidad española y, en cambio, la Iglesia Católica.

La Iglesia Católica ha ejercido un gran poder en el mundo hispánico. Desde la entrada de los musulmanes en el siglo VIII hasta su expulsión para el fin del siglo XV, la Reconquista definió las básicas instituciones y mentalidades culturales españolas que emigrantes llevarían a América Latina. Las mismas incluyen la creación de la hacienda, una cultura profundamente religiosa, al igual que sus propias definiciones sobre los propósitos y funciones de la ley y el gobierno. Aquí no se tratará en detalle esta larga historia, sino se discutirán brevemente los puntos generales más relevantes a su historia científica.

Se podría decir que los españoles eran más católicos que la misma Iglesia Católica de Roma. Desde el principio, el Rey de España ejerció un control prominente sobre sus instituciones en América Latina. Fernando era el que asignaba las posiciones eclesiásticas centrales en las Indias, transfiriéndole similar poder a los virreyes de la región. El Papa en Roma trató de reejercer este poder, pero no pudo—juego de poder que estableció las relaciones fundamentales entre la Iglesia y el estado durante el periodo colonial por unos cuatro siglos. Ciertamente, Iglesia no estaba completamente subyugada al estado. La Iglesia no se tenía que regir por las leyes del estado secular, sino

por su propio código social, que *de facto* creaba un segundo estado dentro de la región. No pagaba impuestos al igual que servía como zona neutral para todos aquellos que el estado secular consideraba un criminal. La creación de dos mutuos estados debilitaba el estado secular. Sin embargo, tanto la Iglesia como el estado español se necesitaban mutuamente, lo que creó una relación generalmente simbiótica para el beneficio de ambos.

Por sus funciones sociales, la Iglesia también se convirtió en una de las instituciones más económicamente poderosas, superada sólo por el estado español. El no tener que pagar impuestos, le daba tremendo poder adquisitivo, de tal grado que los comerciantes criticaban fuertemente los jesuitas por crear negocios que les hacía injusta competencia. Sin duda, la cantidad y diversidad de negocios creados por la orden jesuita es impresionante al extenderse en casi todos los sectores de la actividad económica colonial. Pero el poder económico de la Iglesia Católica en su totalidad provenía principalmente de las propiedades adquiridas por la herencias. El recién fallecido tendía a darles daría un tercio de sus tierras, a cambio por su buen nombre a sí y el de su familia—práctica que aumentó drásticamente las arcas de la Iglesia.

Alejandro Humboldt opinó a fines del siglo XVIII que la Iglesia era dueña en algunos lugares de un 80% de las tierras locales. Se estima que una mitad de todo los terrenos latinoamericanos eran propiedad de la Iglesia Católica. Las riquezas de la Iglesia eran tan amplias, que en 1805, el valor del clero en la Ciudad de Méjico era unos 44.5 millones de pesos. La colección de diezmos en Nueva España llegaban a un millón de pesos anuales. Con este capital, la Iglesia también sirvió la función de banco colonial. Cobrando bajos intereses de un 5%, la Iglesia hacía todo tipo de préstamo, pagaderos en términos livianos que se extendían a través de generaciones familiares.

El poder político, económico y educativo que tenía la Iglesia Católica en el mundo colonial la convirtió en el típico poder hegemónico latinoamericano. El pensamiento colonial latinoamericano fue uno primordialmente religioso.

La Inquisición (1492-1834) y los Índices (1543-1707)

La Inquisición era uno de los medios más importantes usados por la Iglesia, tanto en España como en América Latina, para “defender” la lealtad y “proteger” la ideología de sus correligionarios. Esta extendía sus tentáculos sobre todos los aspectos de vida intelectual para salvaguardar el catolicismo en el pensamiento hispánico.

La institución inquisitorial ejercía un poder que ahora es inconcebible. El acusado no tenía derechos comúnmente reconocidos en los códigos modernos de leyes. A pesar de las horribles consecuencias, el acusado no podía averiguar la fuente de la acusación u obtener la evidencia en que se basaba. Peor aun, no podía obtener información sobre que cargos se le habían hecho a su persona. La ambigüedades inherentes del proceso implicaba que el

Rodrigo Fernós

ser acusado conllevaba la completa ruina económica del individuo y su familia. Como su periodo de encarcelamiento se extendía indefinidamente, sin establecer fecha para su juicio, el tribunal confiscaba todas las propiedades del acusado para pagar su estadía en prisión. La viuda y sus hijos se quedaban sin hogar o sustento. Tampoco se le otorgaba al acusado el derecho a un abogado para su defensa. Las decisiones de la institución eran finales, y no se le podían llevar a ningún cuerpo apelativo—aun cuando la corte inquisitorial tenía el poder de condenar a muerte al acusado. Fácilmente se puede imaginar el impacto intelectual que dicho cuerpo legal tuvo.

Se podría señalar que pocos fueron condenados relativo a la población total. Durante el siglo XVII, sólo 1,402 fueron condenados en Europa, mientras que durante el periodo colonial, solo unas 41 personas fueron quemadas vivas en la Ciudad de México. La cifra en Lima era de 59. El número de personas quemadas en Europa fue alrededor de “solo” 2% del total de la población, un número pequeño cuando se considera que la peste bubónica eliminó a un 33%. También se podría notar que la Inquisición aplicaba exclusivamente a la población interna y legítima del reino. En otras palabras, la persecución inquisitorial se extendía solamente a los cristianos y no a otros miembros de otras razas y religiones, o grupos culturales, tales como los indígenas, los musulmanes, o los africanos. Su intento era mantener la integridad cultural del pueblo interno o aquel que tenía poder económico y político.

Parecidamente, hay varios hechos que se han usado para cualificar el impacto de la Inquisición en la ciencia como uno débil. La Inquisición no trataba específicamente con la literatura científica sino con la religiosa. Solamente aquellos autores protestantes que escribían obras religiosas se condenaban en los índices de libros prohibidos. Los nombres ilustres de la Revolución Científica—Copérnico, Galileo o Newton—no aparecen en los índices españoles. También hay que señalar que la Inquisición no era un cuerpo institucional inmenso. En su cumbre consistió solamente de unas 50 personas. Obviamente no tenían el poder administrativo para verificar todos los libros que se publicaban aquel entonces en Europa. Se podría hasta señalar que la Inquisición fue una institución beneficiosa a la ciencia ya que prohibía el pensamiento mágico y sobrenatural que se encontraba en la astrología y la alquimia.

Pero existen un número de problemas con estos puntos.

A pesar de las cifras mencionadas, no debemos subestimar el severo impacto que la Inquisición tuvo a través de todo el mundo hispánico, y particularmente la huella cultural que esta dejó por detrás. El hablar, decir o escuchar una herejía tenía consecuencias tan severas, que apagaron el pensamiento científico hispánico. La Inquisición creó una capa invisible sobre este pensar, funcionando algo parecido a la institución Hermano Mayor en la obra *1984* de George Orwell.

El débil poder administrativo de la Inquisición servía para empeorar la

censura de libros. Al saber que no podían investigar minuciosamente todos los libros publicados, un sinnúmero de libros se ponían en los índices hasta que se probaba que no ameritaban censura. Por lo tanto, cualquier dato sospechoso—el lugar de imprenta o una frase rara—resultaba en que un alto número de libros llegasen a los índices. Se presumía culpabilidad en vez de inocencia. Una vez censurado, un libro tardaba un periodo de por lo menos treinta años en ser removido de la lista, debido a la misma dificultad institucional en verificar los meritos de cada caso. Un sinnúmero de obras médicas, como las de Leonard Fuchs, llegaron a los índices y no fueron removieron durante la vida de los autores o del que los habían comprado originalmente. Muchas de las victimas a quienes se les había confiscado sus bibliotecas enteras nunca volvieron a verlas otra vez—lo que creaba quejas de parte de los médicos de la época.

Que el nombre de Copérnico no apareciera en la lista inquisitorial no significaba que la Iglesia en el mundo hispánico aceptaba su filosofía o, pero aun, que la promovía. Todo lo contrario, como es comúnmente conocido. Su filosofía fue prohibida por la Iglesia Católica en 1616. Galileo, por su parte, finalmente fue condenado a arresto domiciliario, mientras que sus obras cayeron en desfavor para 1634. Este no apareció en los índices españoles debido a factores accidentales y “errores humanos”.¹⁴⁷

Existe evidencia contundente que representantes de la Inquisición confiscaban obras y autores por las más mínimas de razones, aun cuando estos no habían sido formalmente incluidos en los índices—un ejemplo del abuso de poder que existía en su estructura administrativa. La falta de un nombre o título en la lista de libros prohibidos simplemente no es evidencia de que estos no eran confiscados *de facto*.

La prohibición de las magias ocultas también cohibió la libre expresión científica. Para aquel entonces, la astrología incorporaba tanto la astronomía, matemáticamente rigurosa, como la astrología, llena de lo sobrenatural. Científicos como Juan Mendoza Porres en 1579 y Pedro Cachapay en 1606 criticaron a la Iglesia por no hacer una distinción entre las dos. Estos argumentaron que la astrología verdadera era una disciplina matemáticamente rigurosa que pocos individuos sabían con algún nivel de excelencia. Por otro lado, la mayoría de los que practicaban la astrología eran charlatanes. Aunque la Iglesia condenaba la astrología dada a su defensa de la libre albedrío, Mendoza y Cachapay argumentaron no debería de condenar la predicción estelar. Si se permitía la predicción de otros fenómenos, tales como las enfermedades, los terremotos y los eclipses, en campos que no habían sido censurados, ¿por qué entonces censurar todas las predicciones estelares? Tales protestas tuvieron ningún impacto en aminorar el número de libros que llegaron a los archivos inquisitoriales.

De los 5,420 obras prohibidas entre 1559 y 1707, 759 eran obras científicas. El periodo más activo inquisitorial fue entre 1616 y 1640, eje de la Revolución Científica. Se puede ver los nombres prominentes de esta

Rodrigo Fernós

revolución en los índices españoles: Francis Bacon, Tycho Brahe, Johannes Kepler, y Andreas Vesalius.¹⁴⁸ Nombres menos reconocidos, como los de Andreas Osiander o Gerogius J. Rheticus, que habían compilado ediciones de la obra de Copérnico, también aparecen en los índices hispánicos. Importantes miembros de la Revolución Científica estaban efectivamente nombrados en sus índices inquisitoriales, directa o indirectamente. Cuando Diego de Zúñiga defendió en España las ideas de Copérnico, sus obras literarias cayeron rápidamente al censo Inquisitorial de 1632.¹⁴⁹ El impacto en la química fue tan duro como en la física hispánica, paralizando así todo tipo de química que se estaba practicando en España al igual que atrasando esa ciencia por tres siglos en el mundo hispánico. La paralización de la ciencia no ocurrió solo en España, sino a través de numerosos países católicos, como Italia.¹⁵⁰

No se puede dudar que la Inquisición tuvo un impacto desastroso sobre en el mundo hispánico. Como institución trascendente que duró a través de varios siglos, severamente atrasó la ciencia en su nacer moderno.¹⁵¹

Capítulo 13

EL NEWTONIANISMO: HYPÓTESIS NON-FINGO

*Los profesores de la Universidad [de Salamanca]
estudian a Newton en su cuarto y explican a
Aristóteles en su cátedra.*

—José Cadalso 1771

La Revolución Científica tiene su cumbre en el trabajo de Isaac Newton, quien logra unir los descubrimientos de sus predecesores al crear un nuevo entendimiento del universo. Su ley de gravedad provee una explicación del movimiento, cuyo nivel de generalización y universalidad no se pensaba posible en el mundo intelectual de la época. Nunca se imaginó que los cometas celestiales, por ejemplo, tendrían las mismas explicaciones que la caída de cuerpos en la Tierra. Newton proveyó una sola explicación para estos y un sinnúmero de otros fenómenos en su *Philosophiae naturalis principia mathematica* (*Principios matemáticos de la filosofía natural*) de 1687.¹⁵² Newton crearía la física necesaria para explicar el porque del esquema de Copérnico, inventando a su vez una nueva matemática, el cálculo y una nueva teoría sobre el fenómeno de la luz entre otros. Iluminó la humanidad y cambió su historia para siempre.

Lamentablemente, la difusión de la ciencia newtoniana no llegaría a América Latina por más de un siglo. Cuando arribó, no logró institucionalizarse, perdiendo así el auge que esta filosofía había obtenido en Europa. Peor aún, la calidad de su difusión fue errática. En algunos lugares, como La Plata, Nueva España y Nueva Granada, fue confundida con conceptos aristotélicos. Podemos notar el pobre entendimiento de la ciencia de Newton en el hecho que muchos todavía se referían a esta como la “hipótesis de Copérnico”. La ciencia newtoniana era tan diferente a lo que le precedía, que cuando llegó a la región, ocurrió un proceso parecido a aquel descrito por Tomas Kuhn en su *Estructura de revoluciones científicas*. Los paradigmas culturales eran tan incompatibles, que había que tomar un “salto de fe” para genuinamente apreciar la nueva ciencia—un acto de fe que pocos podían hacer.

Ciencia Inglesa

Como señaló poéticamente John Donne, ningún hombre es una isla. No hay duda de que el ambiente de colegas rodeando a Newton lo nutrió en su

Rodrigo Fernós

desarrollo intelectual, directa e indirectamente. Historiadores como Richard Westfall han observado que, sin el estímulo que recibió de su comunidad, es poco probable que Newton hubiese llegado a su *Principia*. Para 1684, Newton tenía un sinnúmero de papeles matemáticos, la mayoría de los cuales estaban incompletos. Si hubiese muerto en este año, la Revolución Científica no sería lo que es ahora. Preguntas de Edmund Halley y John Flamstead, al igual que conflictos con otros científicos como Robert Hooke, lo estimularon para investigar temas, hacer preguntas, o clarificar ideas que lo condujeron a un intenso periodo de actividad entre 1686 y 1687, cuando crea su *magnum opus*. Gran Bretaña fue cuna de uno de los científicos más importantes de la historia mundial y, por lo tanto, amerita alguna atención.

Uno de los que estimularon el desarrollo de la ciencia inglesa fue Sir Francis Bacon (1526-1626), quien verbalizó una nueva agenda científica a pesar de no ser un “científico” sino un astuto abogado. En comparación con la perspectiva medieval, que caracterizaba el conocimiento humano como uno de constante deterioro desde el periodo griego, Bacon observó todo lo contrario. Las ciencias humanas habían mejorado desde los griegos y el mundo occidental había sobrepasado la “*ne plus ultra*”, una barrera invisible creados por los logros grecorromanos. Este señala las invenciones que los griegos no tenían, como el lente, la pólvora o el compás. Bacon fue el que dió vida a la frase, “el conocimiento es poder”, la cual aludía al poder que le rendía la ciencia al hombre sobre el mundo natural. Para Bacon, la caótica naturaleza femenina se tenía que dominar, creando en sus escritos un programa epistemológico e institucional científico.

La tarea del pensador, de acuerdo a Bacon, no era la de forjar complejos sistemas filosóficos completamente especulativos, como se había hecho durante el periodo medieval, sino en la ardua recopilación de datos. Solamente por medio del empiricismo, ligado a un proceso inductivo, se desarrollaría la ciencia. En otras palabras, se podrían llegar a conclusiones válidas y generalizadas por medio de un análisis riguroso de datos sistemáticamente recopilados. La filosofía de Bacon era una “niveladora de mentes”, en comparación con el racionalismo elitista de Descartes, debido a que todos podían contribuir de alguna manera a la empresa. Identificando una nueva especie en las recónditas equinas del mundo tropical daría tanta fama como el más profundo pensador trabajando en un oscuro sótano inglés. La ciencia era democrática en el sentido que cualquier hombre podía participar en ella. Para Descartes, solamente los genios tenían una membresía natural.

La influencia de Bacon fue mucho más de lo que uno se podría imaginar. El gobierno inglés creó la Real Sociedad de Londres en 1660 usando el esquema de Bacon como modelo.¹⁵³ Aunque habían existido otras sociedades científicas, tales como la *Accademia del Cimento* en Italia a principios del siglo, estas tuvieron un efecto algo limitado en comparación con la inglesa. Curiosamente, un porcentaje significativo de sus miembros, el 30%, eran médicos, al no ser un campo con remuneración profesional. La

Royal Society inicialmente estaba más abierta al público, permitiendo a cualquier interesado participar en sus reuniones. Sus reuniones consistían de varias presentaciones que luego eran discutidas entre sus miembros. Seis años más tarde, la institución empezó a publicar su propia revista, la *Philosophical Transactions*. El primer trabajo que Newton publicó sobre el fenómeno de la luz en 1672, se publica en esta revista. Esta primera revista científica de su clase estimuló el desarrollo científico meramente por diseminar información científica de manera regular, fenómeno que antes tenía carácter personal, irregular, y completamente accidental.

Los experimentos que se elaboraban en las reuniones incluyeron, como ejemplo, las de Robert Boyle y la naturaleza del aire. Boyle construyó una esfera de vidrio que usaba para investigar la propiedad de vacío. Este evacuaba el aire de la esfera, que luego utilizaba para hacer una serie de experimentos. Aprendió que los animales no podían vivir sin el aire, al igual que las velas. Después de estas y otras investigaciones, formuló la hipótesis que el aire era como una goma. Si se le ponía fuerza se contraía, mientras que se estiraba si esta se expandía. Las reuniones eran muy exitosas. Newton llegó a ser presidente de la Sociedad, luego de Sir Hans Sloane.

Isaac Newton

Es un mito el que Newton (1642-1727) descubrió la gravedad cuando una manzana le dio en la cabeza mientras descansaba debajo de un árbol. El progreso científico no depende meramente de accidentes circunstanciales, aunque toman un papel como en cualquier otra historia. La ficticia imagen fue creada por Francios Marie-Arouet, mejor conocido como Voltaire, al preparar una versión simplificada sobre el trabajo de Newton para una audiencia general en Francia—con la gran ayuda de Madame du Chatelet.¹⁵⁴ En comparación con el mito, Newton había desarrollado sus innovaciones durante un periodo de actividad intelectual intensa entre los 22 y 24 años de edad, edad típica para el apogeo de la creatividad en el campo de las matemáticas. Es durante este periodo cuando desarrolla sus ideas básicas de el movimiento y el calculo, que luego forman las bases de su desarrollado concepto de la gravedad en su *Principia* años después. Luego de estos intensos años de creatividad intelectual, Newton se aleja de la física y se enfoca en la alquimia y la teología.

Isaac Newton es una figura compleja, no muy fácil de entender, algo que estimula su mitificación. Aunque culmina la Revolución Científica, orientando al mundo hacia una nueva dirección, su pensar a la misma vez contiene aspectos mágico-religiosos del periodo medieval. Newton es una figura tanto culminante como transicional.¹⁵⁵ Se estima que una tercera parte del cuerpo de sus trabajos tenía que ver con la “química mágica” (alquimia). Dos epistemologías operan conjuntamente. Mientras que el pensar mágico-religioso asume que la materia contiene su propia fuerza de acción como si

Rodrigo Fernós

estuviesen actuando por sí misma, en su *Principia* Newton asume una postura mecánica en que la materia es solamente “fría y muerta”, sin ningún poder autónomo de expresión o movimiento. También se ve en Newton un fuerte teologismo. Para Newton, su ciencia era un tipo de actividad religiosa en la que trataba de encontrar a Dios. Dios era como un relojero y la función del revolucionario investigador había sido de encontrar las leyes de Dios escondidas en la naturaleza.

¿Cómo podemos explicar el carácter complejo y aparentemente contradictorio de Newton? Su biografía ilumina, pero no lo elucida completamente.¹⁵⁶ El carácter místico de Newton quizás se debe a que fue abandonado maternalmente cuando niño. Su padre murió antes de que naciera, lo que llevó a la madre a casarse con su nuevo esposo cuando Newton tenía solo tres años, dejando a este con su abuela. No vive con su madre hasta que tenía 11 años, separación que tuvo que haber sido dura para Newton en su niñez. Durante su adolescencia, Newton tuvo pocos amigos y permaneció aislado, un patrón que lo caracterizaría por el resto de su vida. Como otros intelectuales, este fue impulsado psicológicamente por esta pérdida a darle orden intelectual a su mundo.

Newton y la luz

¿Que es la luz y que es el color? Antes de Newton se consideraba la luz blanca como pura, que, al corromperse, se degradaba en los diferentes colores. No se entendía la relación entre los colores y la luz blanca, o si existía relación alguna. También, se pensaba que la desconocida luz salía de el ojo hacia mundo exterior. Usando su proceso de análisis y síntesis, Newton aclarece la luz.

En experimentos *crucis*, Newton dejó entrar un rayo de luz por un hueco a un cuarto oscuro, luego pasando este rayo de luz por un prisma. Observó algo contrario a lo que se debería de esperar, con respecto a la forma de la imagen de luz en la pantalla donde caía. No se creaba un círculo de colores, ya a que originaba en un hueco con forma circular, sino que se transformaban a un círculo alargado.

Newton luego pasa cada uno de los colores del espectro por otro hueco picado en la pantalla donde caían, luego pasándolos una segunda vez por un prisma a una tercera pantalla. Newton observa que los colores no se dividían una segunda en otros colores, sino que mantenían su color ‘original’: rojo, amarillo, azul, etc. Por lo tanto, estos parecían ser las unidades básicas de la luz blanca. Este había “analizado” la luz al dividirla en sus componentes más simples.

Decide hacer otro experimento, una “síntesis” para verificar sus resultados.

En este, Newton otra vez establece su modelo parecido al primero: luz, boquete, prisma, pantalla. Pero, en vez de proyectarlo directo desde el

prisma a la segunda pantalla, lo pasa por un lente, que invierte la imagen colorida (arco iris) de la luz vista en la segunda pantalla del primer experimento. (La imagen vista por el lente invertía el orden en que los colores del arco iris aparecían en la primera pantalla.) Newton luego analiza la resultante imagen a diferentes distancias con una pequeña pantalla. A manera que el diámetro de los colores se van disminuyendo al alejar la pantalla, cuando Newton llegaba a la imagen más pequeña de cada color, se creaba un punto de luz blanca una vez más. Newton había reconstituido por medio del “síntesis” la luz blanca de sus componentes individuales, verificando así las ideas del primer experimento.

Por medio de su “análisis” y “síntesis”, este prueba indudablemente que los colores no eran la degradación de la luz pura como se opinaba antes, sino que eran las fundaciones constituyentes de la luz blanca.

Cuando Robert Hooke criticó el primer trabajo de Newton sobre la luz de 1672, provocó la ira de Newton por el resto de su vida. Aunque Newton terminó su teoría de luz tempranamente, sadísticamente esperó hasta la muerte de Hooke para publicar su tomo sobre la luz en 1704. Irónicamente, habían sido las preguntas y alegaciones de Hooke sobre la gravedad que llevaron a Newton a su frenética y casi-milagrosa actividad de 1686, cuando nace su ley de gravedad.

Newton y la gravedad

Si el trabajo sobre la luz hubiese sido el único publicado por Newton, este ya hubiese establecido su reputación como un científico importante. Pero fue su teoría sobre gravedad, y la aplicación de esta a un sinnúmero de fenómenos, lo que trueno a Newton como rey de la Revolución Científica—un gigante parado sobre los hombros de otros gigantes, como este solía decir.

Como mencionado previamente, a la edad de 23 años, Newton ya había hecho redefiniciones privadas a su entendimiento de la fuerza, generando trabajo parecido al de Christiaan Huygens. Su física fue desarrollándose a medida que desarrolló su cálculo, o el sistema de “fluxiones”. Newton se dio cuenta de que podía usar su método de fluxiones para analizar el problema orbital, tal como cuando se gira una bola atada a un hilo. Se puede suponer que, para mantener su trayectoria circular, la bola recibe una serie de empujones desde afuera. Si se sigue dividiendo el número de empujones de cuatro a cinco, diez, ochenta, cien, etc., se llega a una aproximación muy exacta del movimiento de la bola. Este es el mismo método que Newton había usado para calcular el área debajo de una curva creada por la geometría analítica de Descartes. Newton estaba “cuadrando el círculo”.¹⁵⁷

A la vez, Newton redefine el concepto de la fuerza “centrífuga” a uno de “centrípeta”. Mientras que el primero se refiere a la fuga del objeto fuera del punto central, el segundo concepto se refiere a la fuerza que empuja el

Rodrigo Fernós

objeto hacia el centro. Newton observó que la órbita de la luna no era una en que las dos fuerzas estaba equilibradas, sino que existía solamente una—que Newton luego llama la fuerza centrípeta. En otras palabras, la luna en su órbita siempre se estaba cayendo hacia el centro de la Tierra. Al aplicar la tercera ley de Kepler, que dice que la fuerza de un objeto variaba con la distancia, obtuvo resultados que no fueron exactos pero que eran suficientemente aproximados. A pesar de la importancia de este trabajo inicial, no lo publicó porque se dedicó a temas de nuevo interés—la teología y la alquimia. Hooke, casi veinte años más tarde, luego ayuda a estimular el trabajo de Newton sobre el tema de la gravedad al hacer alegaciones sobre el mismo. Hooke alegaba haber resuelto el problema de la caída.

¿Cuál sería la trayectoria de un objeto cayendo libremente hacia el centro de la Tierra, asumiendo hipotéticamente que esta no bloqueara dicha caída? Un grupo de la *Royal Society*, Christopher Wren, Edmund Halley y Hooke, debatieron arduamente el punto. Hooke consideraba que se establecería una trayectoria orbital elíptica eterna. No tan solo eso, también alegaba que ya había derivado la órbita de la fórmula, que estaba esperando que otros trabajasen en ella para que pudiesen apreciar la dificultad de su esfuerzo.¹⁵⁸ Cuando un cometa gigantesco cruzó los cielos, conocido ahora como el cometa Halley, se creó un renacido interés por el problema. ¿Se hubiese podido derivar la trayectoria del cometa por medio de la ley de Kepler? Flamsteed alegaba que el cometa pasaría en frente del sol. Newton respondió que Flamsteed, como Hooke, estaban equivocados. Halley va a Newton para pedirle una explicación. Cuando Halley le pregunta a Newton cual sería la órbita natural de $1/R^2$, la contestación de Newton era que naturalmente, una órbita elíptica. Aunque en el momento no podía encontrar sus papeles que cubren el tema, le dice a Halley que los buscaría. Su atención al problema por Flamsteed eventualmente lo lleva a escribir su *Principia*. Los cometas y la órbitas de los cuerpos podían ser explicados por la misma fórmula.

En su libro, Newton sostiene tres puntos básicos o leyes de movimiento. La primera fue el concepto de inercia—que un cuerpo mantendrá su movimiento, menos que sea afectado por otro cuerpo. La segunda era la fórmula $F=MA$, o que la aceleración de un cuerpo era proporcional a su masa. La tercera era que, para cada acción, había una igual y opuesta reacción. Newton luego aplica sus ideas al mundo entero, llegando así a la ley de gravedad: $F = (G m^1 m^2) / R^2$.

Newton entonces pudo utilizar la fórmula para explicar todo tipo de fenómeno celestial y terrestre. Todas las partículas del universo afectaban unas a las otras. La manzana halaba a la Tierra tanto como la Tierra halaba a la manzana, pero la masa mayor de la Tierra le daba mucho más fuerza a esta. Newton describe el fenómeno de las mareas y llega a establecer que la figura de la Tierra se parecía a la de un huevo con su eje principal en dirección

horizontal (acostado)—algo que se disputó hasta que se iniciaron iniciar una serie de expediciones al Polo Norte y al Perú (cerca de la línea del ecuador)

La difusión del newtonianismo a América Latina

A pesar de su importancia, la ciencia newtoniana no llegaría a América Latina por más de un siglo. Cuando finalmente toco tierra a fines del siglo XVIII, no ocurrió el inicio de un gran plan de investigación como en Europa. No encontramos desarrollo sistemático de esta ciencia por hispánicos tales como el francés Charles Augustin de Coulomb, quien aplicó el newtonianismo a la electricidad o Alexis Claude Clairault quien la usó para resolver sus problemas en el movimiento de fluidos. Desafortunadamente, fue una difusión que no logró a institucionalizarse en la región durante su etapa de desarrollo inicial, así perdiendo el auge que esta filosofía logró obtener en Europa. Una excepción fue el Seminario de Minería, dentro del Colegio de Minería en lo que ahora es la Ciudad de México, donde vemos la difusión newtoniana. Tristemente, es una de las pocas excepciones a la regla.

La calidad de su difusión también fue algo errática. En algunos lugares el entendimiento de su ciencia se confundía con conceptos aristotélicos tal como en La Plata. En obras *Summae Philosophae Scholasticae, Veritas et Recentiores Philosophiae dogmata*, o *Instrucciones Philosophae*, vemos una mezcla curiosa. Se observa que 1) la moción se define como el ímpetus (no inercia), 2) el rechazo aristotélico del vacío, 3) la ley caída de Galileo, al igual que 4) la opinión que la óptica de Newton era meramente una hipótesis. En algunos lugares llamaban la ciencia de Newton como la “hipótesis de Copérnico”, a pesar de que Newton había grandemente superado el trabajo de su predecesor.

En la isla de Cuba, Newton no llegaría hasta el principios del siglo XIX. En 1814, vemos el primer texto de clase con elementos newtonianos, la *Instrucciones de Filosofía Ecléctica*, por Félix Varela, y dos años más tarde empieza un gabinete de física. En otros lugares, como Nueva España y Nueva Granada, donde se observa la mejor difusión de estas ideas, la guerra de la independencia y el consecuente caos durante la primera mitad del siglo XIX obstaculizó todos los esfuerzos que se habían hecho durante el siglo previo. Por lo tanto, podemos notar que el pequeño auge que se sintió a mitad del siglo XVIII no se realizaría firmemente hasta la segunda mitad del siglo XIX.

Varias obras de Newton o traducciones francés ciertamente se podían encontrar en colegios jesuitas desde principios del siglo XVIII. La Condamine, quien viajó por Nueva Grenada y sus alrededores para determinar la figura de la Tierra en 1737, dejó una traducción francesa del pensador. También podemos señalar que una traducción al español ya se había hecho en 1757. Aunque se encontraron obras de Newton en los anaqueles de las librerías jesuitas en Cuba a mediados del siglo XVIII, la ciencia no era activamente enseñada.

Rodrigo Fernós

La difusión no se trata solamente de tener la posesión de un libro. Si la obra no se estudia activamente o se implementa en la actividad rutinaria, simplemente no hay una difusión. Ciertamente la presencia de la obra como tal es factor necesario para su difusión; de igual manera, su carencia significa que no hubo una difusión en general en la región. La filosofía ecléctica jesuita, como hemos visto, significaría que estos considerarían a la ciencia de Newton solamente como una hipótesis, una entre muchas otras hipótesis.

Uno de los primeros newtonistas más distinguidos fue Antonio de León y Gama, que vivió en Nueva España. En 1790, de León escribe *Disertación Física sobre la materia y formación de las Auroras*, en el cual aplica la óptica newtoniana al fenómeno óptico. Aunque tenía algunas ideas equívocas, este explica que las variaciones de colores se debía a la refracción de la luz por la atmósfera, el cual procede a explicar con la ciencia newtoniana. Nota que los diferentes colores viran su rumbo en un prisma a diferentes grados, como parece ocurrir en la auroras.

Sabemos hoy que las auroras boreales son creadas por la actividad solar, enviando olas magnéticas que interaccionan con la ionosfera de la Tierra, creando así sus efectos impresionantes. No obstante, un elemento significativo de la obra de León es su propia epistemología. Este, al igual que Newton, dice que no formara hipótesis a priori a los hechos sino que formara sus ideas solamente basadas en los hechos disponibles. “En principio asentado entre filósofos modernos, que para indagar la obra de la naturaleza nos e hayan de fundar en fingidas hipótesis o ligeras conjeturas”. Es desafortunado que su ejemplo no fue más común en la región. Otros newtonianos serían José Celestino Mutis y Francisco José de Caldas .

Capítulo 14

JOSÉ CELESTINO MUTIS Y FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS: CIENCIA, ECONOMÍA Y POLÍTICA EN NUEVA GRANADA

¡Que suerte tan triste la de un americano! Después de muchos trabajos, si llega a encontrar alguna cosa nueva, lo más que puede decir es: NO ESTA EN MIS LIBROS.

—Francisco José de Caldas (1803)

José Celestino Mutis y Francisco José de Caldas fueron dos de los científicos más prominentes durante las últimas décadas del periodo colonial — dos figuras muy diferentes. Cuando se conocieron, Mutis tenía unos setenta años y Caldas alrededor de treinta. A pesar que Mutis fue su maestro informal, las habilidades matemáticas y científicas de Caldas eran superiores. Aunque Mutis había sido un médico que se trasladó de España a Nueva Granada en 1760, Caldas eran un criollo nacido en la ciudad de Popayán al igual que ser un fervente nacionalista. La personalidad diplomática de Mutis también se puede contrastar con la mercurial de Caldas. A pesar de estas diferencias, los dos amaban la ciencia y sacrificaron sus vidas por el desarrollo científico de la región. Ambas vidas reflejan los estímulos, y los límites, de la actividad científica dentro de un contexto periférico. Estos demuestran las relaciones complejas que existían entre la ciencia, la economía, y la política colonial española.

Ciencia y la economía en la América Latina colonial

La economía colonial estaba dominada por España. Rigiéndose por el mercantilismo, España forzaba sus colonias comprar productos exclusivamente de la metrópolis, mientras que estos le mandaban el oro capitalicio que tenían. Un sinnúmero de impuestos reprimían aún más la actividad económica de la región. Esta relación creaba un desbalance comercial que favorecía a España. Si se divide su comercio en unidades básicas, España exportaba 500 unidades, le cobraba a América Latina 100 unidades de impuestos, y recibía 300 unidades de productos americanos. El desbalance comercial en contra de América Latina ascendía a unas 100 unidades.¹⁵⁹

La estructura económica también consistía de grandes desigualdades sociales: dueños de haciendas tan grandes parecían reyes semi-feudales y una reprimida clase baja mestiza y esclava. La fuerza laboral agrícola era mantenía en un estado de subyugación por medio de deudas, que aumentaban

Rodrigo Fernós

de mayor grado a manera que el deudante intentaba pagarlas. Los desiguales términos de la transacción creaban esperanzas ilusivas al que incurría en estas. La desigualdad entre las clases era tal, que solamente menos del 2% de la población eran dueño de su propia casa, como la ciudad de México ampliamente demostraba.

Esta desigualdad estructural-económica eliminaba cualquier tipo de incentivo a la actividad científica y tecnológica. Dado que la fuerza laboral era tan barata, creaba pocos incentivos para la elite de mejorar sus métodos de producción por el uso de maquina, que por si estancaba el desarrollo tecnológico. Lo contrario había sido el caso en Estados Unidos durante su etapa colonial debido a la escasez de la fuerza labora. El alto precio de la mano de obra, estimuló significativamente la creación de maquinaria que reducían los costos de labor.¹⁶⁰ Desde el punto de vista de la fuerza laboral indígena-esclavista, tampoco había incentivos para la actividad científica, no solo por los bajos niveles de educación, sino porque no eran remunerados equitativamente por tal esfuerzo. El mero hecho de que la actividad física se asociaba con la clase baja también la ponía en una posición baja cultural, ahuyentando a los criollos que tendrían un interés natural por esta. Como la actividad científica consiste de labor física, tal esquema de valores subestimaba dicha actividad, problema que todavía se ve hoy.

Pero el sistema en su totalidad afectaba negativamente la actividad científica de otra manera: no creaba una clase con el ingreso disponible, mercado necesario para la compra de productos creados por la nueva maquinaria. Es decir, el sistema social no creaba una demanda e incentivo económico para las actividades científicas o tecnológicas, al contrario de la estructura social norteamericana o inglesa durante el periodo colonial. La creación de una clase media con ingreso disponible en Inglaterra estimuló mercados de ropa que a su vez estimulaban las tecnología de producción en masa: la Revolución Industrial. La estructura feudal latinoamericana creó un statu quo estático intelectual y una falta de dinamismo tecnológico. Esta fue la estructura social básica bajo la cual operaban Mutis y Caldas.

Ciertamente, se puede señalar que hubo un cambio significativo en 1765 con las reformas borbónicas de España. En ese año se modificaron las leyes de intercambio económico, lo que liberó el comercio entre las mismas regiones americanas. Durante la mayor parte del periodo colonial no se les había permitido intercambiar productos entre si, lo que sorprende el hombre económico moderno. Estas mejoras comerciales estimularon la actividad científica y tecnológica como los de Mutis y Caldas. Su ciencia estimularía la economía local.

José Celestino Mutis

Mutis (1732-1808) nació en Cádiz y, como joven español, se destacó por su intelecto de forma parecida a Caldas en su juventud. Fue uno de los

pocos seleccionados para obtener más adiestramiento académico en otras ciudades europeas tales como París y Leiden. Obtuvo su diploma de medicina, para luego convertirse en el médico del nuevo virrey de Nueva Granada, don Pedro Messía de la Cerda en 1760. Durante los primeros años de su estadía en el virreinato, Mutis cumple un sinnúmero de labores, tanto como médico, inspector de minas y naturalista. En 1772 se convierte en sacerdote. Sus buenas relaciones con el virrey le aseguraron una vida relativamente cómoda en la colonia. Como Newton, nunca se casó o tuvo hijos. En 1782 obtuvo el liderato de la Real Expedición Botánica, que dirigió hasta su muerte en 1808. En 1801, durante los últimos años de su vida, es visitado por Alexander von Humboldt. La reputación de Mutis era tal, que Humboldt se desvió significativamente de su ruta para conocerlo. Cuando regresa a Europa, Humboldt adora la labor científica de Mutis.

Mutis también ayudó a Caldas en la labor de este. Aunque nunca fue su maestro formalmente, Mutis convence al virrey que construya el Observatorio de Santa Fe en 1803 para el uso exclusivo de Caldas—uno de los primeros observatorios astronómicos en América Latina. Mutis logra colocar a Caldas como director.

Es curioso observar que el nombre de Mutis era otro: “José Bruno Mutis”. En 1772, se añadió “Celestino” por razones tanto religiosas como científicas.

Francisco José de Caldas

Caldas (1768-1816) nació en Popayán donde estudió ciencia bajo Félix Restrepo, quien había sido estudiante de Mutis en Santa Fe. Este se enamora de la ciencia, pero como los padres insistieron que estudiase leyes, atiende el Colegio Mayor de Nuestra Señora de Rosario, graduándose en 1785. Trabajó brevemente como maestro en su ciudad natal, pero en 1795 decide hacerse comerciante para aumentar su ingreso. Afortunadamente, aunque sus humorosas anécdotas relatan su desastre como comerciante, durante un viaje por la montañas de Nueva Granada recobra su amor a la ciencia para nunca perderlo. Desde 1797 trabaja solitariamente en la casa de sus padres, donde construye un pequeño observatorio y dirige reuniones e investigaciones científicas hacia territorios aledaños. En 1801, publica un artículo en un periódico local *Correo Curioso*, que alerta a Mutis de su existencia. Ese mismo año, Mutis le envía un ejemplar del libro de Linneo, iniciando así su mutuo contacto científico.

Humboldt también visitó a Caldas por un periodo de cuatro meses que resultó sumamente productivo para el joven científico. Este descubre la habilidad intelectual de Caldas, así como sus lagunas de conocimiento. Pero la relación entre los dos se tronchó abruptamente cuando Caldas le solicita viajar junto a Humboldt—cumplido que no pudo satisfacer al ya tener otras obligaciones. Para amerliorar la situación, Mutis hizo Caldas miembro de su

Rodrigo Fernós

Expedición Botánica en 1802 quien participa activamente por tres años. Fue durante este periodo cuando Caldas es ascendido a la posición como director del Observatorio (1805). Al morir Mutis tres años más tarde, este anula la posición de director de la Expedición Botánica, que previene la oportunidad a Caldas de obtenerla.

No obstante, la invasión de Napoleón a España el mismo año cambia dramáticamente el contexto político en Nueva Granada, dando paso a una serie de eventos que terminaron con la vida de Caldas y muchos de sus colegas científicos. Como este se trataba de un científico útil al poder diseñar mapas, fortificaciones, producción de pólvora, y proyecciones balísticas, ambos lados del conflicto hicieron uso de sus habilidades—lo que lo coloca en la posición de traidor para ambos lados. Al ser ejecutado a la edad de 48, este dejó a una viuda, Manuela, desamparada con seis hijos.

Difusión newtoniana y trabajo astronómico

Si en términos intelectuales no hay duda de que Caldas era superior en originalidad y destreza matemática a Mutis, en términos históricos Mutis tuvo una posición mucho más significativa en la difusión de la ciencia moderna en Nueva Granada.

A su llegada en Santa Fe de Bogotá, Mutis reformó la educación de esta capital. Implantó la enseñanza del newtonianismo en el Colegio de Nuestra Señora del Rosario donde fue maestro empezando en 1762, convirtiéndose así en la primera persona en haberlo enseñado América Latina. Con la expulsión de los jesuitas en 1767, el Virrey le impuso la tarea a Francisco Moreno la reforma educativa estatal. Moreno luego cambió la situación del Colegio, convirtiendo a este en una Universidad con el mismo rango que la Universidad de Salamanca—un cambio institucional dándole más vigor al trabajo de Mutis. Mutis no tan solo enseñó la física de Newton, sino que la defendió en las cortes inquisitoriales. También había traducido los libros I y III de la *Principia* de Newton que desafortunadamente nunca se publicó.

Los dominicanos lo atacaron por haber enseñado filosofías que, según estos, iban en contra de la doctrina católica. Mutis se tuvo que justificar ante el Virrey y el tribunal de la Inquisición. En su defensa, Mutis señaló que el mismo Rey Carlos III había instalado la enseñanza de tal filosofía en España. El tribunal afortunadamente lo absuelve con prontitud, curiosamente refiriéndose a la física newtoniana como la “nueva filosofía cien años después de su creación. En 1773, Mutis también defiende a un tal padre Rojas, quien quería discutir públicamente el sistema de Copérnico en su convento. En su argumentación, Mutis alegó que la Inquisición romana no tenía aplicación jurídica en los países españoles, ni sobre los problemas astronómicos. Como Mutis políticamente tenía un gran nivel de influencia sobre el Virrey, nada le ocurrió al padre Rojas. El incidente refleja que la Inquisición había perdido

poder social; los argumentos de Mutis hubiesen sido inconcebibles cien años antes (1673).

Tristemente, se logró suprimir la enseñanza de las matemáticas en el Colegio desde 1778 hasta 1786, época durante la cual Mutis estuvo involucrado en la minería y botánica del virreinato al igual que continuando su práctica como médico general. No obstante, a pesar de este breve retroceso institucional, el poder de la Iglesia estaba en declive relativo a su alta posición durante la Contrarreforma. La ciencia moderna estaba llegando finalmente a América Latina a fines del siglo XVIII.

Si la función de Mutis fue significativa para la difusión de la ciencia moderna en América Latina, la labor de Caldas fue aun más importante ya que simboliza el nacimiento de la ciencia estrictamente latinoamericana.

Trabajando por su propia cuenta, Caldas descubre la hipsometría. La determinación de la altitud por medio del termómetro es quizás su idea más original, a pesar de que le atribuía más importancia a su trabajo de la cinchona. En 1802 publicó su idea en *Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo, seguida de un apéndice* o, más corto, *Nuevo método de medir la altura de las montañas*.

Aunque Caldas tenía un texto de Fohr que señalaba la relación entre el cambio barométrico y la temperatura del agua hirviendo, el texto no apuntaba hacia la relación de este fenómeno con la altitud, ni tampoco definía el coeficiente de proporcionalidad entre los dos—algo que Caldas estableció en sus trabajos. Pero el mismo Caldas no podía verificar si su descubrimiento era original o no, problema típico del científico colonial. El hecho, tanto D. G. Fahrenheit como A. Celsius habían notado la relación antes que Caldas, lo que los lleva a establecer otras fuentes de temperatura fija tan marcadas en Europa y América del Norte.¹⁶¹ El mismo Caldas sospechaba de los problemas que confrontaba.

Cuando se nos presenta una idea feliz, que no la hemos visto en los pocos y viejos libros que llegan a nuestra manos, nos parece que hacemos algo nuevo, [pero en realidad] y ya hace doscientos años que se puso en práctica entre las naciones cultas! Ya ve usted lo necesario que es en nuestra circunstancias actuales ser casi pirrónicos en nuestros descubrimientos!

Otra la labor científica importante de Caldas consistió en medidas de latitudes y longitudes por medio de observaciones astronómicas de las lunas de Júpiter. A pesar de que esta no era estrictamente originales al nivel científico, era de una mayor contribución social dado que mapas de territorio

Rodrigo Fernós

rigurosamente establecidos eran raros para esa época.¹⁶² Las mismas lunas que le habían enseñado a Galileo la realidad de otros centros universales además de la Tierra, le proveyeron a Caldas las posiciones geográficas de las ciudades, fundamentando así la cartografía colonial colombiana. Caldas parece haber aprendido estas técnicas de Félix de Restrepo (padre), al igual que por los libros dejados en América por La Condamine durante su expedición de 1737. Los mapas que Caldas dibujó eran los más fieles a la realidad geográfica, de acuerdo con Humboldt. Increíblemente, pueblos como el de Timaná abandonaron los proyectos cartográficos de Caldas, asumiendo otros de poco rigor y baja calidad. La ciencia no era valorizada en el mundo hispano colonial.

Durante su posición como director del Observatorio de Santa Fe, Caldas publicó una revista científica titulada *El Semanario del Nuevo Reino de Granada* (1808-1811). Aunque la mayoría de los artículos eran de Caldas, también se difunden trabajos científicos de Europa, como los de Humboldt y otros. Por esta labor, Caldas también juega un papel importante en la difusión de la ciencia moderna, aunque no de forma tan predominante como Mutis.

Un aspecto históricamente curioso es que Caldas indaga sobre temas parecidos a los de Darwin, como la distribución de especies, que en sí había llevado a Darwin a su teoría de la evolución. El haber viajado por lo que ahora es Colombia y Ecuador, Caldas se percató que el clima afectaba la distribución de las especies en 1808. Pero utiliza una definición más amplia para la palabra “clima” ya que se refiere a la totalidad de las condiciones bajo las cuales viven los animales y plantas, algo que ahora se considera como la “ecología”. Se da cuenta de que había una relación cercana entre el clima y la estructura anatómica de un animal, como si hubiesen sido hechos el uno para el otro.

Aunque esta idea era diferente a las generadas por Darwin, quien se percató de lo contrario—que en lugares de clima parecido existían especies muy diferentes—los dos trataron preguntas similares, sugestivo de su potencial contribución científica de haber vivido a plenitud como Darwin. ¿Pudo Caldas haber llegado a la idea de la evolución darwiniana (la selección natural)?¹⁶³

Trabajo botánico

Como se ha visto, los trabajos de Mutis y Caldas tendían hacia lo práctico, aún en la astronomía. Esta tendencia es claramente revelada cuando se indaga sobre sus investigaciones botánicas.

A pesar de que Mutis publicó poco durante su vida, había obtenido reputación en Europa al enviarle una planta de cinchona a Linneo en 1761, quien le dió reconocimiento en su libro de 1767. Linneo estuvo tan agradecido, que llegó a nombrar varias especies por Mutis, tal como la mata *Mutisia clematis*. También se refirió a Mutis como “el botánico de América”, así cooptándolo sutilmente en su esquema de clasificación que se basaba en rasgos “superficiales”, tales como las características sexuales de los animales,

en vez de las “esencias” de estos como se usaba antes. En el transcurso de su correspondencia, Mutis le envió a Linneo tres colecciones, la primera de 150 especies de plantas y la segunda de 116 especies de plantas, al igual que tres nuevos tipos de géneros: *acaena*, *befaria* y *trilix*. Se puede sospechar que la visita de Humboldt se debió a que Aimé Bonpland, más conocedor de la botánica, y quien le informó a este sobre la importancia científica de Mutis.

Pero la exploración formal de Mutis fue limitada. El espécimen que Mutis le envió a Linneo no había sido recogida por él, sino por Miguel Sanstisdeban, un comerciante amigo de Mutis. En más de una ocasión, ocurre una brecha de confianza entre Mutis y sus relaciones científicas domésticas. A pesar de estos hechos, la relación con Linneo estimuló la actividad de Mutis y la mayor parte de su trabajo científico consistió en el trabajo botánico, por el cual se convirtió en miembro de la sociedad científica de Uppsala que presidía Linneo.

Irónicamente, Mutis fue un hombre relativamente rechazado por el gobierno en España. En 1763, Mutis le había escrito varias cartas al rey pidiéndole que iniciara una expedición botánica en su reino. Dos décadas pasaron sin que se tomara una decisión. De la forma parecida a Caldas, Mutis solo recibió el apoyo del gobierno metropolitano cuando su trabajo despertó interés en el extranjero, hecho que quizás explica porque Mutis celebró tanto la llegada de Humboldt a Santa Fe de Bogotá en 1801.

Desde un punto de vista estrictamente económico, la expedición hubiese brindado nuevas fuentes de riqueza a todos involucrados. Aunque el comercio de la cinchona todavía estaba en su infancia, pudo haber sido el recurso económico más prominente de Nueva Granada mucho antes de que logró serlo en la actualidad. Durante la segunda mitad del siglo XIX, Colombia produjo entre 1,500 y 3,000 toneladas de quina anuales para el mercado mundial. Esta producción contribuyó unos 1.7 billones de pesos anuales, o alrededor de un 20% de la economía local en la década de 1870.

Típico de las burocracias, el gobierno español tardó unos 20 años antes de considerar a la idea de Mutis. Aun cuando actúa en la idea, no proporciona los recursos económicos necesarios para las exploraciones de Mutis. De no ser todo, aun cuando el gobierno Español formó la expedición en 1777, todavía rechazaba la exploración de Nueva Granada. Aún así, el propósito principal de estas no había sido para descubrir algo nuevo, sino para defender la reputación española. Como vimos, las Reales Expediciones Botánicas solamente se iniciaron debido a la competencia internacional generado por el interés de Francia en el Perú.

No es hasta que el virrey Antonio Caballero y Góngora argumentó la necesidad de la expedición fue que se creó la expedición de Mutis. A pesar del hecho de que se le pagó a Mutis unos 2,000 pesos anuales desde su inicio, hubo que esperar largo tiempo hasta el comienzo de las mismas. Para entonces Mutis ya se había convertido en un hombre mayor de 51 años, por lo que ya no contaba con todo su vigor físico. Esta lentitud de reconocimiento por un

Rodrigo Fernós

gobierno adormecido quizás explica la razón por la cual mucho de los independentistas del reino se asociaron de una manera u otra con Mutis. Parece haber existido una relación mixta entre este y su nación natal. Públicamente Mutis nunca se opuso al gobierno español y tendía a ser crítico de su sobrino Sinforoso cuando demostró tendencias independentistas al ayudar en la publicación de los “Derechos del Hombre” por la cual Sinforoso fue brevemente exiliado a España. Pero no hay duda que Mutis también tuvo algunas quejas en contra del gobierno colonial.

La creación de la Expediciones Botánicas lograron las primeras instituciones científicas de América Latina. La organización de Mutis, inicialmente con solo un subdirector y un pintor, eventualmente creció hasta tener unas 20 personas involucradas directa e indirectamente con el proyecto. No obstante, estuvo plagado de problemas.

La falta de comunicación y sus pocas publicaciones fue una grave fuente de redundancia, como observó Caldas. Al ver el tomo de *Flora del Perú*, se percató que estuvo dibujando plantas ya descritas en otros proyectos. De haber tenido copia del tomo, se hubiese ahorrado una gran cantidad de tiempo y esfuerzo. Cuando en 1802 Caldas llegó a formar parte de la Expedición, se había recogido solamente cuatro especies de quina. Caldas por su cuenta descubriría 11, el número moderno siendo 38 variedades. El primer y único tomo de que Mutis llegó a publicar fue *El arcano de la quina revelado a beneficio de la humanidad* de 1793. La *Flora de Bogotá* se publicó póstumamente y su *Historia de árboles de quina* fue publicada por Sinforoso en 1809.

La quina tenía mucho valor para Mutis por varias razones, tanto privadas como sociales y económicas. Surgió una disputa sobre el descubrimiento de especies en Tena entre Mutis y el doctor Sebastián José López, quien había sido amigo de Mutis. El monopolio del comercio de la quina se le otorgó inicialmente a López porque este alegaba haber sido el primero en descubrirla en la región. La cuestión del descubrimiento creó conflictos entre ambos—una que fue difícil de resolver. Aunque parece haber sido Mutis quien la “descubrió” primero, no hay duda de que López exploró un número substancialmente más alto de las regiones en Nueva Granada que Mutis. (Se podría argumentar que ambos estaban incorrectos, que los descubridores originales fueron los indígenas de la región.) Por lo tanto, el interés de Mutis sobre las especies de quina tuvo que ver, en parte, de su necesidad de justificar su prioridad comercial.

Otra motivación afectando a Mutis lo fue la competencia que se creó entre la Expedición Botánica del Perú y la de Mutis en Nueva Granada. Para 1792, Ruiz y Pavón ya habían publicado su *Quinología* y luego, en 1801 su *Suplemento a la Quinología*. El hecho que Mutis supuestamente había estado estudiando estos árboles desde 1763 añadió más fuego a la relación de estos.

Pero hubo factores muchos más profundos que afectaron a Mutis. Para mediados del siglo XVIII, no había duda de que la quina era la única cura

que se había encontrado para la malaria.¹⁶⁴ Aunque los jesuitas no la descubrieron, estos popularizaron el tratamiento durante la década de 1670. Cuando La Condamine viajó en la región, fue a Loja (ahora en Ecuador) donde se localizaban las cortezas más eficaces y le envía ejemplares a Linneo que la dibuja y nombra *Cinchona officinalis* en 1740. Por lo tanto, a través del siglo XVIII, la demanda por el tratamiento creció en el mercado, creando fuertes incentivos económicos para su estudio. No todas tenían la misma efectividad, creando algunas dudas con respecto a su fuente geográfica.

Usando su influencia política local, Mutis logró quitarle el monopolio a López en 1787. En su propuesta al gobierno español, Mutis estimó que, como la producción anual era de unas 20 toneladas, usando 300,000 árboles, los 62.5 millones de árboles generarían una suma más sustancial. Pero Mutis perdió este monopolio apenas tres años después debido a las incertidumbres científicas que existían entonces. La cinchona que se recolectó bajo el mando de Mutis tenía niveles de quinina tan bajos, que resultaron ser poco efectivos, dándole un golpe agravante al monopolio de Mutis. A pesar de que el mercado fue liberalizado en ese año, en la década siguiente el gobierno metropolitano volvió a reducir el mercado. La destrucción crasa de estos árboles dio a la prohibición de su exportación en 1799, aguantando todas las reservas existentes para uso exclusivo en España. Debido a estas experiencias, Mutis quiso entender por qué su cinchona no había tenido el efecto esperado, y opinó que se encontraría la respuesta en la identificación de todas las especies.¹⁶⁵

He aquí donde radica la importancia de los estudios de Caldas. Por medio de sus estudios hipsométricos, Caldas pudo identificar las regiones en las cuales la cinchona podía crecer. Encontró que la distribución de la especie Loja se basaba en un límite máximo y mínimo de temperatura y altitud. Por lo tanto, Caldas establece un mapa “quinológico” mediante el cual se podía identificar con facilidad las regiones en las que la *cinchona officinalis* crecía, así pudiendo detectar más fácilmente alegaciones fraudulentas. Más importante aún para Caldas fue la identificación de regiones en Nueva Granada donde se podría implantar la especie de Loja con un contenido más alto de quinina (un 4%) que la especie neogranadina; sus estudios podían ser utilizados para expandir la cosecha fuera de zonas donde naturalmente se encontraban. Su ideas eran muy innovadoras para ese tiempo, parecidas a las de los ingleses y los holandeses que medio siglo más tarde llegaron a cosechar la cinchona de Loja en sus propios territorios coloniales.

Quizás hay que señalar que el concepto de la fitogeografía no había sido original de Caldas sino de Humboldt, al cual Caldas le daba amplio reconocimiento. Igualmente, Mutis también había notado el problema de la distribución de especies. Este, al contrario de Caldas, observó que las especies de flora europeas se habían expandido por la región independientemente del clima. Tal observación es parecida a la de Darwin en las islas Galápagos en la

Rodrigo Fernós

que el clima no era el determinante único de las especies, sugiriendo así una descendencia y antepasado común.

Pero ni Mutis ni Caldas resolverían el problema de la identificación de especies botánicas tal como la cinchona. La determinación válida de especies de cinchona con efectividad médica no se llevaría a cabo por medio de su clasificación lineana. La detección química de los elementos químicos de la cinchona no ocurriría hasta después de la muerte de ambos hombres. En 1820, se descubriría sus compuestos químicos “esenciales”: la quinina y la cinchonina.

América Latina no adoptaría estas técnicas inmediatamente, sino muchos años después de su descubrimiento, lo que influyó negativamente su comercio durante la primera mitad del siglo. Había un alto nivel de desconfianza entre los productores y los comerciantes de la quina por falta de normas científicas. Los comerciantes alegaban que los productores alteraban la madera, mientras que los productores alegaban que eran excusas para que los comerciantes les pagaran por debajo de su valor actual. La falta de la ciencia y el desarrollo científico le dio un carácter particular a la región.

La economía y la independencia de América Latina

El fracaso de la estructura colonial que Caldas y Mutis querían remediar eventualmente vino a crear las fundaciones para la independencia política de América Latina. Aunque ambos criticaban las ineptitudes del gobierno español, ninguno de los dos pedía directamente la independencia del país. Caldas a un punto de su vida esperaba mudarse a Europa para trabajar con Zea en el Jardín Botánico de Madrid. Mutis, quien murió antes de que iniciara los revolucionarios, siempre se definió públicamente como un leal español. Irónicamente, si el gobierno español hubiese tomado en cuenta con más seriedad los trabajos de ambos, es muy probable que las causas de tal revolución se hubiesen apaciguado. Cuando aumentaron las crisis y se puso demasiado peso económico en el sistema colonial, este se desplomó como una casa de cartas durante los principios del siglo XIX.¹⁶⁶

Las causas de la independencia de América Latina son complejas y variadas, más allá del propósito de este libro. Algunos accidentes históricos ciertamente tuvieron su parte, al igual que problemas estructurales. El control de Napoleón sobre España en 1808 y luego la creación de una Constitución española en 1813, la ineptitud del rey Fernando VII después de la caída de Napoleón en 1814 fueron algunos factores en la metrópolis. El monopolio económico que ejercían las casas de Cádiz, donde Mutis había nacido, también fue otro. Se puede señalar igualmente que los periodos de hambruna entre 1808 y 1813 en regiones como México también jugaron un papel. Factores psicológicos, tal como la crisis económica durante los inicios de siglo XIX a luz del crecimiento económico que había ocurrido durante la segunda mitad del siglo XVIII también contribuyó a la inestabilidad política.

No obstante de los múltiples factores, las causas económicas fueron las de mayor agravio. Tanto el gobierno colonial en América como el gobierno español había llegado a un estado económico precario. El virrey de Lima, José Fernando de Abascal, había cobrado tantos impuestos, que cuando Joaquín de la Pezuela tomó el mando, no tuvo otras fuentes de ingreso para poder manejar nuevas crisis. En México, los impuestos subieron de unos 49 millones de pesos a 80 millones de pesos en 1816. Una situación similar ocurría en España donde el gobierno en 1814 había forzado unos impuestos a las uniones de Málaga de 3 millones de pesos; estas fueron deudas no reconocidas por el gobierno español hasta 1837. La queja principal de los revolucionarios de Morelos en México era con respecto a los impuestos que se les cobraban. Del mismo modo, las haciendas en Perú habían expandido, quitándole tierras que los agricultores indios usaban para pagar los impuestos gubernamentales y su constante aumento. El estado y la hacienda despojó al indígena, quitándole así su medio de sobre vivencia y sustento.

España opinó de forma incorrecta que la revolución era motivada solamente por una elite criolla que no tenía ningún apoyo de las masas—un grave malentendido del impacto profundo que la economía estaba teniendo en la región. Tal análisis dio a una estrategia militar no-viable a largo plazo. Como las rebeliones no tenían apoyo popular, la mejor manera de atacarlas era mediante la eliminación de la elite que la dirigía. El general Pablo Morillo, con unos 12,000 hombres a un costo de 105 millones de reales, atacó la elite en Nueva Granada. Como Caldas tenía rango por haber diseñado y construido fortificaciones e instrumentos de guerra, fue fusilado en 1816. La misma ciencia que había llevado a Caldas a ser útil para un gobierno fue vista por el gobierno opositor como un arma para destrozar.

Sin embargo, la estrategia española de una guerra relámpago, independientemente de cuan horrorosa fuese, no resultó ser una estrategia viable a largo plazo por el mero hecho de que el gobierno español no tenía los recursos económicos para batallar una larga y extendida guerra. Las mismas causas que iniciaron la revolución a su vez previnieron su derrota.

Si el gobierno español hubiese tenido una perspectiva más racional y hubiese reconocido su debilidad económica o la validez de las protestas, es muy probable que Caldas hubiese vivido para ser uno de los científicos más destacados del siglo XIX.

Capítulo 15

EL TAMAÑO Y LA FORMA DE LA TIERRA: LAS EXPEDICIONES NO-HISPÁNICAS EN LAS CIENCIAS NO-BIOLÓGICAS

*¿Qué hubiese pasado si nuestros
antecedentes...hubiesen simplemente seguido la
misma ruta que aquella tomada por los que
vinieron antes de ellos?...parece una buena cosa
que los filósofos adoptes nuevas maneras de pensar
y nuevos sistemas, bueno para ellos porque no les
permite la voz del que los detrae, ni el peso de la
cultura tradicional o de la autoridad, inhibir
aqueos que quieran declarar sus propias ideas.*¹⁶⁷

—Jean Fernel (1530)

El surrealismo del pintor Salvador Dalí (1904-1989) es innovador debido a su interpretación casi mágica de la realidad. No hay duda de su genio ni de su locura teatral. No obstante, a pesar de su alusión a temas científicos e ideas revolucionarias al principio del siglo XX—el infinito en su “Enigma del infinito”, las esferas en “Galatea esférica” o el tiempo en “la Persistencia de la memoria”—las pinturas de Dalí siempre están situadas en un espacio absoluto, eterno y estático. Es decir, aunque crea una nueva realidad mediante la alteración de sus figuras localizadas en un espacio newtoniano, no modifica el espacio en que estas están situadas. Por lo tanto, su arte es más tradicional de lo que Dalí hubiese querido que su audiencia creyera.

Por contraste, el arte de M. C. Escher durante el mismo periodo surrealista (1898-1972) es sustancialmente más revolucionario que el de Dalí, a pesar de la formalidad personal y poco teatrismo del artista. Ciertamente Escher, conocido por sus imágenes repetitivas, distorsiona sus figuras al igual que Dalí, pero va más allá al distorsionar el espacio en que se encuentran sus figuras. Escher cambia la lógica del espacio sin haber tenido adiestramiento avanzado en la matemática. Por su uso experimental de cuadrículas, logró crear imágenes que curiosamente están más a la par con problemas científicos de su era y la actual. Por ejemplo, la distorsión de la luz estelar por la gravedad de cuerpos masivos entremedio crea imágenes telescópicas cuyas distorsiones parecidas a aquellas en las imágenes creadas por Escher.¹⁶⁸ No fue hasta el 2002 que matemáticos pudieron recrear la topología extraordinaria del arte de Escher.

Al explorar la transformación del espacio en el cual todos los objetos están localizados, Escher explora los mismos problemas que existen en la

cartografía y la astronomía: la distorsión del espacio. Bien se sabe que la Tierra es una esfera, pero la representación de esta esfera a un plano de dos dimensiones siempre va a crear distorsiones. Si el arte de la cartografía consiste en representar regiones geográficas, el arte de la geodesia consisten en la representación de la Tierra.

Breve historia de la cartografía

Hoy en día tomamos por sentado que las imágenes son una fiel representación de la realidad, sea por el uso de la perspectiva en la pintura o por las líneas de longitud y latitud de un mapa político. Asumimos que son una representación fiel y exacta de aquello que modelan. Pero, ¿qué significa “fiel y exacto”?

Sin el uso de el punto de fuga en el arte, originado durante el Renacimiento, todo arte parecería a pinturas de niños. Los mapas del periodo medieval, al igual que el romano, no incorporaban líneas de longitud y latitud y, por lo tanto, lo que ahora se conoce como mapas nacionales parecían a obras de arte infantil. El predominio de las ideas religiosas era tal, que el mundo se concebía en forma de cruz cristiana, con una orientación natural hacia el este. En estos mapas “TO”, Asia estaba localizada al norte, mientras que Europa y África estaban debajo de esta, creando una gigante cruz modelando el crucifijo de Jesús. La palabra “orientación” proviene del hecho que el “oriente” era el punto de referencia favorecido durante el periodo. La falta de perspectiva también se puede ver en los mapas romanos, que se usaban principalmente por su función práctica. Estos decían cuantos días tomaba viajar a tal lugar, al igual que los hospedajes y estaciones de alimento a su paso.

Curiosamente, estos mapas representaban un retroceso de los avances hechos durante el periodo Helenístico entre 100 y 300 DC. Aunque hoy se conoce a Tolomeo por haber codificado una imagen errónea de un universo geocéntrico en su *Almagesto*, hizo serios avances en lo que ahora se conoce como la cartografía. Este fue el que propuso el uso de una cuadrícula de líneas de longitud y latitud, donde la posición de cada lugar se podía identificar fielmente en la intersección de las dos líneas. Argumentó por normas cartográficos que ahora se dan por sentado: un mapa debería ser una representación fiel y exacta del mundo. También propuso la división estos mapas en minutos y segundos, reflejando la idea de que el espacio se puede medir con el tiempo. En otras palabras, la rotación de la Tierra en su eje crea una división natural de 360 grados a una de 15, igualando a un segmento de longitud. Si podemos medir cuánto tiempo le ha tomado a la Tierra rotar desde cierto inicio, podemos medir la distancia entre dos puntos terrenales. De esta manera, un minuto iguala a la distancia de unos 1.8 m a 1.9 m. Pero para poder hacer tales determinaciones, se necesitaba saber cuál era la circunferencia de la tierra en primer lugar. He aquí donde Tolomeo cometió otro error.

Rodrigo Fernós

Influenciado por los griegos, Tolomeo en su *Geografía* se dejó regir por un pensador que también estaba equivocado en su estimado del tamaño de la Tierra. Hay que notar que este cálculo erróneo fue un gran estímulo para Cristóbal Colón, quien al pensar que la Tierra era más pequeña, asumió que su viaje al Asia sería más corto y viable—un error de unos 15,000 kilómetros. No todos los errores son “equivocados”. No obstante, Tolomeo se debió de haber regidos por Eratosthenes en vez de Marinus (de Tiro).

Eratosthenes en 200 DC había sido director de la famosa Biblioteca de Alejandría, estimada la más grande de su tiempo con unos 100,000 libros. Pudo calcular la circunferencia de la Tierra por medio de una simple matemática geométrica. Se enteró que el sol a medio día iluminaba completamente un pozo profundo en una ciudad al norte de Alejandría, fenómeno llamativo debido que nunca se había visto en Alejandría. Esto le dio la idea de que, como la posición del sol en el cielo variaba con la posición geográfica de cada ciudad, midiendo este ángulo y la distancias entre las ciudades, se podía determinar la circunferencia de la Tierra a lo largo de una línea que cruzaba los polos norte y sur (no a través del ecuador). Le preguntó a un jinetero cual era la distancia entre las ciudades, quien le contestó que los camellos tomaban 50 días de viaje, y cruzaban unas 100 toesas de distancias (185 km). Al medir la sombra de un nomón en el mismo día del año en que el sol iluminaba el pozo hasta su profundidad en Syrene, averiguó la diferencia de ángulo. Usando estas dos cifras, llegó a una circunferencia de 250,000 toesas, o unos 46,250 km, 1/6 más grande que la cifra actual (unos 40,000 km a 38,880 km). La cifra de Tolomeo era 1/4 menos que la cifra actual (unos 30,000 km).

A pesar del “error” de Tolomeo, su idea de crear un mapa usando una cuadrícula de líneas de longitud y latitud fue revolucionaria. Desafortunadamente, no se puso en práctica común. El peso de la autoridad que Tolomeo había tenido en la astronomía no se trasladó a la cartografía y, por consiguiente, las posiciones de pocos lugares se medían con exactitud. El mismo mapa del mundo que él creó se basaba en los informes que le brindaban los turistas y exploradores de su tiempo y carente de datos concretos. Para 1740, menos de 100 lugares en la Tierra habían sido establecidos con las bases rigurosas establecidas por Tolomeo. Francia si misma no llegó a crear el primer mapa riguroso de su nación hasta 1790—trabajos que se habían iniciado al principio del siglo XVIII.

Estos hechos ponen a la labor valiosa de Francisco José de Caldas en una perspectiva más amplia y justa, en particular su obsesión con la determinación de la longitud y la latitud de las ciudades de la nación que ahora se llama Colombia. Caldas estaba siguiendo la agenda establecida por Tolomeo un siglo y tres cuartos atrás. La reforma tolémica no se había puesto en práctica. Si hubiese completado su mapa de Nueva Granada, Caldas hubiese puesto a América Latina en una posición científica superior dentro del

mundo colonial. Como hemos visto, la guerra de la independencia puso fin temprano a todos sus trabajos.

La dificultad de determinar la longitud, la posición este-oeste de un objeto sobre la Tierra, también obstaculizó esta reforma gráfica.

El problema de la longitud: el reloj número cuatro de Harrison

El problema de la longitud era tan severo, que en 1714, Inglaterra ofreció un premio de 20,000 libras a cualquiera que lo resolviese. El interés de su creciente imperio naval en la solución del problema era obvio y era creado, en parte, por dificultades prácticas a la determinación de la longitud en tierra firme. Se necesitaba un método eficaz y rápido, al igual que preciso, que no estuviera sujeto al fuerte movimiento de un barco en el mar. Al no poder determinar su posición exacta, el número de flotas perdidas a encallamientos era alto. En un solo incidente, unos 2,000 hombres murieron porque el capitán no se había percatado de que estaba llegando a la costa. Cualquiera que ha viajado en un barco durante la noche oscura sabe cuán difícil es detectar los llanos arrecifes en aguas que parecen a simple vista un mar profundo. Aún con la sofisticación electrónica que existe hoy, todavía ocurren accidentes, tal como del barco ruso naufragado en la entrada de la bahía de San Juan, Puerto Rico. Para la flota marina de la Inglaterra colonial, estos eran accidentes serios pero prevenibles con un método de longitud marítima.

No deberíamos de asumir por el concurso que para 1714 no se podía determinar la longitud. Todo lo contrario. En 1669 el primer Cassini, Jean-Dominique Cassini fue invitado por Luís XIV para ayudar a establecer un mapa de Francia. Astrónomo italiano, Cassini se dió cuenta de que podía usar las lunas de Júpiter para tal propósito.¹⁶⁹ Si medía exactamente la hora en la cual se observaban los tránsitos de las lunas de Júpiter, se podía determinar la diferencia de hora entre dos lugares y, así, su longitud. Como los eclipses ocurrían al mismo tiempo para todos los observadores, estos creaban una estructura para comparar sus diferentes posiciones y, por lo tanto, un tiempo universal. Si se observa el mismo fenómeno a las 1:00 AM de la mañana, sabiendo que ocurría a las 3:00 AM de la mañana en París, entonces se podía determinar que la diferencia de tiempo era unas 2 horas, y así la diferencia de distancia. El tiempo igualaba al espacio.

Inmediatamente se puede preguntar: “pero si se necesitaban relojes para medir el eclipse, ¿por qué no eliminar el eclipse y medir la diferencia entre los dos relojes?” Buena pregunta.

Teóricamente, se podía establecer fácilmente la longitud con un reloj. Después de un largo viaje, se podría comparar el mediodía cuando el sol está en su posición más alta en el cielo con un reloj que mantenía el tiempo de origen, por ejemplo las 8:00 AM en Londres, y así establecer la distancia entre los dos puntos. La diferencia de tiempo igualaba la diferencia de ángulos en el

Rodrigo Fernós

reloj gigantesco que es la Tierra, y así de distancia. También podemos notar que ciertamente ya existían relojes para 1714.

Pero el problema principal era que los relojes que existían a principios del siglo XVIII no tenían la exactitud de los de usamos hoy día. Utilizaban principalmente una banda de metal que se enroscaba. A medida que esta regresaba a su posición original perdía fuerza y, por lo tanto, al terminar de desenroscarse latía más lento que al principio. Aunque el reloj de mano se podía usar para medir el tiempo a través de un día—como lo usó Cassini para determinar el tiempo de los eclipses lunares de Venus al coordinarlo con el mediodía en París—no se podía usar por un periodo de varios días y, menos aún, varias semanas o meses. Esto significaba que, por su propia cuenta, el reloj no era una opción viable para establecer tiempo y distancia, o lo que nos referimos como la longitud en el mar colonial.

Otra opción era la medida astronómica. La observación de los eclipses de las lunas de Júpiter necesitaba precisión, dos personas y un reloj de péndulo—los más precisos de la época. Bajo un proceso que duraba solo unos pocos momentos, una persona detectaba el eclipse mirando por un telescopio, mientras que la segunda persona notaba la hora exacta. Pero este método también tenía sus problemas. El ambiente y el movimiento del barco afectaba ambas medidas. En el primer factor, las nubes podía inhibir la detección del eclipse, y el segundo factor, la inestabilidad del barco inhibía los movimientos del péndulo. Una tercer opción astronómica viable era el uso de la luna, el objeto celeste más prominente y visible en el cielo nocturno. Irónicamente, la adherencia a este método inhibió el reconocimiento de la respuesta más factible y eventualmente adoptada: el uso del reloj.

John Harrison, quién eventualmente diseñaría el reloj moderno, era una persona humilde. Tenía 21 años cuando la Corona anunció su concurso. Harrison, un carpintero, ya tenía fascinación con los relojes desde una temprana edad debido a un contagio de viruela a lo seis años. Durante su afortunada recuperación, su padre le había dado un reloj con el cual jugar. La combinación de circunstancias—la enfermedad, su juventud y el amor paternal—creó a una condición psicológica única. Harrison “jugaría” con el reloj por el resto de su vida. Harrison trabajaría en la ardua tarea de diseño, construcción y remodificación del diseño de su reloj hasta su muerte, eventualmente ganando el premio en 1774 cuando anciano. El reloj al cual se le otorgó el premio había sido el quinto tal reloj creado por Harrison. El cuarto modelo que terminó a los 71 años de edad fácilmente podía haber ganado el concurso en 1764, perdiendo solamente 1/10 de un segundo por día.¹⁷⁰

Cuadrando el círculo: las proyecciones de Mercator y Peters

Aún cuando se sabía la posición de un punto en la Tierra, su longitud y su latitud, existía un problema con respecto a la representación de estos puntos en un mapa. La forma esférica de la Tierra presentaba sus propios

problemas para los cartógrafos del siglo XVI. Después de todo, cualquier proyección de una esfera a un plano crea algún tipo de distorsión. Obviamente, se tenía que descartar la esfera si se quería tener mapas detallados; aún a la escala de 1: 120,000, un mapa en forma de globo tendría millas de circunferencia. A una escala pequeña, la Tierra ciertamente parece como una tabla plana, creando así más problemas de representación para el cartógrafo. ¿Cómo dibujar un mapa fiel y exacto de cualquier región geográfica?

Hay que señalar, por la contundencia del mito, que no es cierto que Cristóbal Colón pensó que la Tierra era plana. Aristóteles en el siglo IV AC ya había establecido que no lo era. La aparición de las velas de un barco antes de que apareciera en el horizonte, la forma circular de los eclipses y otros fenómenos sugerían la forma circular de la Tierra. Irónicamente, Colón nunca se percató que había descubierto un nuevo continente. Hasta su muerte insistió en que había llegado a Asia. Ocurre con frecuencia que los descubridores son afectados por un marco de referencia antiguo, y no se dan cuenta del mérito genuino de sus actos. Adquieren prioridad histórica por sus acciones, no por sus intenciones. Podríamos hacer una segunda pregunta. ¿Si Colón descubrió a América, por qué no se llama “Colombia”? La contestación reside en la ingrata avaricia del hombre.¹⁷¹

Pero, ¿que significa el término “fiel y exacto”? Por definición, un mapa “fiel y exacto” estrictamente hablando no puede existir. Como observó Jorge Luis Borges en uno de sus reconocidos ensayos, un mapa a escala de 1:1 sería tan grande que cubriría al mundo entero. Pero entonces, habría que descartarlo debido al hecho de que este escondería al mundo en el cual nos queremos mover. Se podría, por lo tanto, usar a la tierra misma como mapa, idea tan ilógica como absurda al ser tan inútil. El punto de esta imagen hipotética de Borges es enfatizar que la creación de un mapa, por definición, consiste en la eliminación de información. Solamente se puede crear un mapa útil al que lo lee al remover información selectivamente—lo que también se podría decir del libro con relación a la experiencia vivida.¹⁷²

El primero en desarrollar un mapa realista del mundo fue Gerhard Krämer en 1569, mejor conocido por su nombre latinizado: Mercator. Su mejora de la cartografía tolemáica lo llevó a construir el modelo usado más comúnmente aún durante el siglo XX. Mercator conservó las figuras de los continentes, pero sacrificó su tamaño. Tomó las líneas de longitud que se convergen a un punto en cada polo, y las extendió hacia un punto en el infinito desde su origen en el ecuador. En otras palabras, alteró las líneas meridionales para que fuesen paralelas a sí mismas y perpendiculares a las líneas de latitud (llamadas paralelas), contrario de lo que se puede observar en el arte de Escher. Pero al cambiar los ángulos de las líneas meridianas, modifica el tamaño real de los continentes en su mapa. Groenlandia aparece del mismo tamaño que Suramérica, cuando en realidad es 2/3 partes más pequeño. En comparación, la proyección computadorizada de Peters da una imagen más

Rodrigo Fernós

realista del tamaño real (el área) de los continentes, pero inversamente al precio de su forma actual (la figura de sus costas). Cada mapa mundial crea su propia distorsión de la realidad, no importa cual sea.

La triangulación de la Tierra: Perú y Laponia

Pero estas mejoras asumen que la Tierra era un globo perfecto. En su *Principia*, Newton argumentó que la rotación de la Tierra y la fuerza de la gravedad crearía un esferoide oblicuo achatado. En otras palabras, las fuerzas ensancharían la Tierra a lo largo de la línea latitudinal del ecuador, obteniendo una forma más parecida a un huevo acostado de lado.

La idea tuvo repercusiones inmediatas en el mundo cartográfico y científico. Si la forma de la Tierra era irregular, entonces las mediadas de los arcos no reflejarían la circunferencia real. La aplicación del método de Eratosthenes daba una cifra errónea debido a que presumía un valor constante de un arco por cada ángulo—este valor determinado por la medida que este tomó entre las ciudades de Alejandría y Syrene. Newton demostró que el valor cambiaría con las variaciones de la homogeneidad de la Tierra, y por lo tanto no podríamos extrapolar esta distancia (5,000 x 50 toesas) al resto de su circunferencia.

Los franceses se opusieron inmediatamente a esta idea de Newton, lo que creó una pelea irracional tiñada por el extremismo nacionalista. El nieto del primer Cassini, familia italiana que ya se había integrado cercanamente a la sociedad francesa, obtuvo unas medidas sugiriendo que Newton estaba equivocado. Este tercer miembro de la generación de astrónomos Cassini dió con resultados que la tierra era un esferoide prolato, o sea un huevo puesto de pie.

¿Quién tenía la razón, Newton o los Cassinis? Las disputas llegaron a un nivel tan emotivo, que los defensores de Newton como Madame du Chatelet tuvieron que exiliarse temporariamente al castillo de Cirrey para su protección. En disputa estaba la validez del sistema newtoniano (inglés) y el sistema cartesiano (francés) o, en otras palabras, el orguyo nacional.¹⁷³

Para resolver las dudas inequívocamente, los franceses decidieron enviar dos expediciones: una al polo norte y otra al ecuador. Ambas medirían el arco del meridiano, o sea la distancia de la circunferencia de la Tierra a lo largo de una línea longitudinal. Si el mismo ángulo daba una distancia más grande en el Polo Norte, Newton tendría la razón; si la distancia era más grande en el ecuador, entonces Cassini estaría en lo cierto. La existencia de Dios se determinaría con una regla gigantesca.

En 1735, Charles-Marie La Condamine, Louis Godin, y Pierre Bouguer se trasladaron al Virreinato del Perú mientras que Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, Alexis Clairault, y otros se lanzaron a Laponia el año siguiente. Se podría imaginar que la expedición al Polo Norte sería mucho más difícil debido al clima frío, pero lo cierto fue que tomó solamente un año, regresando

en 1737, mientras que la expedición de La Condamine regresó once años después (1744). Para la fecha, ya se sabía la respuesta.¹⁷⁴ La expedición tropical había sido un desastre.

La metodología central de estas expediciones fue la triangulación, concepto de la geometría fácil de entender pero difícil de poner en práctica. La suma de los ángulos de cualquier triángulo tiene un total de 180 grados. Si se conoce la longitud de un lado y los grados apertura de dos ángulos, se puede determinar la longitud de los otros dos lados. Usando este principio, se medía cuidadosamente una base fundamental, y luego se iban estableciendo otros puntos, que luego funcionaban como base para otros triángulos. No se tenía que medir con una cinta métrica los cientos de kilómetros de distancia, sino asesorarse de la exactitud de la primera línea de menor tamaño. Mediante este principio simple y básico, se podía establecer una red muy exacta para determinar con exactitud la distancia total entre dos puntos distantes entre sí; la medida de largas distancias se convierte principalmente en la medida de ángulos. En términos de la figura de la Tierra, esta se podía comparar con el ángulo desde el centro de la Tierra para determinar la distancia de tal arco. Suena fácil, ¿no?

Las complicaciones ocurren cuando uno se trabaja sobre terreno montañoso con variaciones erráticas en su topografía. Aunque el equipo de Maupertuis tuvo que bregar con el frío, la nieve, y las moscas en el verano, tuvieron la fortuna de trabajar en un área relativamente plana. Curiosamente, el frío los ayudó en que el hielo creó una autopista natural donde podían mover troncos de madera para establecer su base fundamental. En comparación, la variación topográfica de las montañas de los Andes crearon un sinnúmero de dificultades físicas y disputas internas entre los miembros de la expedición tropical. Godin, el líder del equipo, insistió en medir las respectivas altitudes usando el barómetro, a lo cual La Condamine y Bouger objetaban dado las imprecisión de estas medidas. Los barómetros de mercurio para entonces no se habían estandarizado y, por lo tanto, indicarían diferentes medidas a la misma altura. Peor aún, si dos barómetros daban la misma medida, se podían usar diferentes métodos de cálculo que suponían diferentes efectos atmosféricos que luego daban diferentes resultados sobre la altitud. La Condamine y Bouger tenían un punto válido en su crítica sobre la incierta exactitud del barómetro.

No obstante, el beneficio del instrumento simplemente fue que era uno fácil de usar y transportar. La eficiencia y la perfección son dos polos opuestos; a manera que se obtiene uno, se pierde el otro. Todo depende de las metas propuestas.

La triangulación exacta demandada por La Condamine y Bouger simplemente hubiese tomado demasiado tiempo. Estos querían establecer una comparación entre las medidas montañosas con medidas hechas a nivel del mar. Aunque de mayor rigor científico, el problema con la sugerencia era, una vez más, su dificultad de ponerla en práctica. Al exigir tal exactitud,

Rodrigo Fernós

ampliaban exageradamente el tiempo que tomaba la expedición. Si medir una base de 12 km y establecer una triangulación a lo largo de unos 400 km era algo complicado, otra triangulación, como estos sugerían, triplicaría el esfuerzo. No fue la única disputa de temas científicos en la expedición.¹⁷⁵ La irrealista exigencia de la perfección científica de Bouger se amplifica cuando se consideran el sinnúmero de pormenores no-científicos que obstaculizaron la expedición.¹⁷⁶

¿Cuál fue la contestación de tanta ardua expedición? Encontraron que Newton estaba en lo cierto. El arco del meridiano en los polos era más largo que el arco del meridiano cerca del ecuador. Maupertuis encontró que un grado de arco igualaba a 111.094 km en los polos, mientras que La Condamine encontró que el mismo grado igualaba a 109.92 km. Surge la pregunta, como es que Maupertuis supo la contestación sin que La Condamine hubiese terminado su trabajo? Ya se había medido un grado de arco en el meridiano en París, de 110.46 km. La expedición al trópico no había sido necesaria después de todo.

Conclusión

La historia de los mapas demuestra que la región fue un lugar donde otros, particularmente los europeos, practicaron la típica ciencia colonial.¹⁷⁷ Dicha ciencia naturalmente se dirigía a preguntas e paradigmas que originaban en la metrópoli, principalmente practicadas por sus representantes temporariamente alojados en tierras exóticas. Aunque la longitud tolemaica no se estaba utilizando en la periferia hispánica para construir mapas locales, que hubiese beneficiado a las comunidades criollas, la región se estaba utilizando para determinar cuestionantes a nivel categórico más elevado sobre la estructura de la Tierra.

Podríamos preguntar, ¿serán los casos discutidos evidencia del poder coercivo del colonialismo? La evidencia señala que no siempre se puede atar el medioambiente político a la ciencia conducida bajo el mismo; la caracterización dukeimiana de la sociedad *suis-generis* es una sutil y difícil de establecer.

La expedición de La Condamine no tan solo benefició la región al estimular el desarrollo de instituciones científicas, pero a la misma vez se vio cohibida en la misma. Algunos de los problemas confrontados tenían nada que ver con las colonias *per se*, sino sobre la naturaleza del medioambiente tropical en que se encontraban—lo que ayuda a explicar la ambigüedad que sentían en la metrópoli europea con respecto a las tierras tropicales. Otros problemas eran de carácter estrictamente científicos: ¿qué método se utilizaría para la determinación de distancias? Las expediciones tuvieron poco que ver con el colonialismo como tal. Estas fueron conducidas por los franceses en territorios que pertenecían a otros poderes metropolitanos (España). El único beneficio de las mismas fue el científico—la determinación de la forma de la

tierra. Al ser cuestionantes universales, podríamos señalar que las regiones periféricas se beneficiaron directamente de las mismas.

La historia de los mapas también demuestra mitos erróneos sobre la ciencia, principalmente que la ciencia provee evidencia directa del estado del mundo. La evidencia científica, en más ocasiones de lo que uno se podría imaginar, es indirecta, lo que pone en duda las aserciones del positivismo.¹⁷⁸ Los datos disponibles al hombre no proveen una imagen clara de la realidad del objeto. Esta evidencia tiene que ser digerida y analizada por el hombre antes de que pueda construir una imagen real de lo que esta pasando.¹⁷⁹ El mapa crea una realidad de objetos que no existen en relación con la actual experiencia humana; es una construcción tanto social como científica.¹⁸⁰ La ciencia y el arte no son tan diferentes después de todo.

Tanto la cartografía y la geodesia son como el arte, en que crean algo que antes no existía. Al crear sus imágenes, inevitablemente distorsiona la realidad de alguna manera. Los mapas medievales, sin duda, eran el resultado de la imaginación y reflejaban los valores culturales de su sociedad—algo que hacen todos los mapas modernos.

Pero es aquí donde la similitud entre la ciencia y el arte termina. Mientras que el arte captura el interior del hombre, la ciencia capta lo que esta a su exterior. Aunque cada imagen es imperfecta, cada generación trata de mejorar el trabajo de sus predecesores, dando así voz a su propio intelecto al igual que marcando un paso más al progreso de la humanidad. Cada científico tiene que ser su propio artista.

Capítulo 16

LA ILUSTRACIÓN EN ESPAÑA E HISPANOAMÉRICA

*Que ya llegará el día en que las ciencias valgan y
en que los hombres salgan de la ignorancia que
antes los cubría.*

—Gaceta de Guatemala (1804)

Si la Revolución Científica del siglo XVII estableció nuevas bases para el entendimiento moderno, estuvo limitada principalmente a un núcleo pequeño dentro de sus respectivas sociedades. Fue una revolución de la elite y no de las masas. No fue hasta el siglo XVIII que surgió un movimiento que populariza el conocimiento de dicha revolución, al igual de que trata de expandir esta al otras disciplinas. El movimiento y la época en la cual existió se conoce como la Ilustración. Sus temas principales fueron: la razón, la naturaleza, y el progreso. La Revolución Científica no sería una mera lengua muerta sino una revolución eternamente en progreso, la cual tenía como propósito expandir y perfeccionar el trabajo de Newton.

El foco geográfico de este movimiento, llamado así por Immanuel Kant en 1785, no estuvo localizado en Inglaterra sino en Francia, lo que quizás explica la fuerte influencia intelectual que tendrían los franceses en la América Latina colonial. Estos se dieron cuenta de que Newton y sus antecedentes científicos habían cambiado las normas del diálogo académico. El énfasis eliminaría el conocer las “esencias” de las cosas y sus características secundarias hacia un análisis basado en la observación rigurosa y el establecimiento de las leyes de la naturaleza. Aunque se rechazaba a la Iglesia Católica y la Inquisición, no era un rechazo de la religión en sí. Se veía el estudio de la perfección de la naturaleza y la elaboración de sus leyes como un proceso para entender mejor a Dios. Es entonces cuando surge la imagen de Dios como un relojero.

Uno de los principales exponentes fue François-Marie de Arouet, mejor conocido como Voltaire, quién difundiría las ideas de Newton por Francia en sus *Cartas filosóficas de los ingleses* (1733).¹⁸¹ Junto a él se encuentra Charles de Secondat, Barón de Montesquieu quien escribió *Espíritu de las leyes* (1748) a lo largo de 20 años, en el que analiza las mejores formas de gobierno, no muy diferentes a las leyes universales de Newton. En su trabajo, Montesquieu elabora la importancia de la separación de los poderes gubernamentales-el ejecutivo, el legislativo, y el judicial. Distanciándose del pensar católico y latino en que las leyes se establecen a base a priori de universales especulativos, Montesquieu describe empíricamente la forma en

que la historia y el medioambiente han afectado el desarrollo social y gubernamental de las civilizaciones. Jean Jacques Rousseau, por su parte, reclama un regreso al estado original del hombre en su *Contrato social* (1762), el cual idealiza al proponer que la civilización lo ha corrompido. Aunque Rousseau era crítico de su generación, vemos el énfasis de la naturaleza, el hombre en su estado “natural”, como punto normativo en su análisis social.

Dos de los más importantes *philosophes*, como así se llamaba al grupo, fueron Denis Diderot y Jean D’Alembert, quienes con su *Encyclopedie* (1751-1772) trataron de llevar el espíritu científico directamente a las masas, en particular aquellas innovaciones con valor práctico y útil. Este texto tuvo un gran impacto, vendiéndose rápidamente a través de Francia. En la Europa dividida de aquel entonces, innovaciones desarrolladas en un lugar no se expandían a otros, casi siempre debido al interés propio que el grupo originador obtenía de las mismas. No querían difundir sus invenciones para no perder ventajas en el mercado, otorgándoles estas ventajas locales a sus contrincantes al compartir. Desde un punto nacional, al crear una publicación con imágenes detalladas de innovaciones productivas, la *Encyclopedie*, rompió este esquema de limitado crecimiento económico al facilitar la difusión rápida por Francia de nuevos métodos y herramientas, así mejorando significativamente su productividad absoluta en comparación con la de España. La base de este progreso fue reconocido en la *Enciclopedia* por el uso de la razón.

Un elemento importante de la Ilustración fue el lenguaje. La cultura científica y literaria aún no estaban divididas. Los *philosophes* se consideraban literatos que le daban valor tanto al método de descubrimiento como a su expresión. Al no estar organizados institucionalmente y al definirse como liberales en contra del statu quo, la belleza de la expresión para convencer e iluminar tomó aún mayor importancia. Voltaire, curiosamente, fue uno de los primeros autores en hacerse ricos por la venta de sus libros.

El Abbe de Condillac en la primera mitad del siglo enfatizó la idea de que no había tanta distinción entre el método de descubrimiento y su expresión como se imaginaba. Si los términos usados describían adecuadamente los objetos que representaban, el nuevo lenguaje científico llevaría a descubrimientos por su propia cuenta: la lengua usada para describir era la misma para descubrir. El desarrollo de la nomenclatura química por Antoine Lavoisier en la segunda mitad del siglo XVIII demostró la validez de su punto. También se puede señalar que un elemento distintivo de la *Enciclopedia* fue el uso de la lengua vernácula, en vez del latín, como lengua de publicación. El uso del vernáculo en Francia como lenguaje científico, en comparación con España, democratizó la información al hacerla accesible al público en general y no la limitó a la elite académica, un pequeño grupo social compuesto de quienes eran los únicos que podían leer y escribir en latín.

Rodrigo Fernós

Carlos III y la Ilustración Española (1759-1788)

Como América Latina era una extensión de España durante el periodo colonial, hay que entender la Ilustración en esta metrópolis para entender la entrada de la misma a la región periférica. Hubo un renacer durante la Era Borbónica de España. Aunque se vieron ciertos inicios durante el reinado de Fernando VI desde la década de 1730, su florecimiento no llegó verdaderamente hasta 1759 cuando Carlos III, hermano del primero, asume el trono. Carlos III, quien apreciaba el significado y contenido de la Ilustración, abrió las puertas del gobierno monárquico España a las nuevas ideas y las nuevas industrias.

La gradual decadencia que ocurrió durante el periodo Habsburgo, predecesores de los Borbones, llegó a tal punto que requería medidas de acción inmediata. La monarquía decadente se había engordado de riquezas extranjeras sin nutrir las industrias y las ciencias locales. Para mediados del siglo XVIII, países con territorios iguales (Inglaterra) o más pequeños (Holanda) generaban respectivamente 10 y 20 veces más en impuestos dado su alta productividad. La tendencia de comprar artículos de consumo hechos en el extranjero inhibía el mercado interno y, por lo tanto, la industria local. Líderes como Pedro Rodríguez de Campomanes y el Conde de Floridablanca, se percataron de que había que dar un tipo de impulso a la industria y la eficiencia de su producción, la cual nutría la tesorería estatal. La expansión territorial obviamente no era la respuesta para un país que simbólicamente controlaba a la mitad del mundo; tal paradigma económico estaba agotado.

También se observó irónicamente que, a medida que la Iglesia Católica iba creciendo, el país decaía. España, con alrededor de 1/3 de la población de Francia tenía el mismo número de clérigos, la mayoría de los cuales provenían de la clase baja y, por lo tanto, tenían bajos niveles de educación. Al tener tanta influencia educacional, el ignorante clero promovía ideas “erróneas”; el pensamiento mágico y supersticioso no-productivo predominaba la mentalidad española colonial. Se nota que, al controlar tantas tierras, la Iglesia también contribuía al malestar económico ya que paralizaba la actividad económica. Por lo tanto, la reforma social de Campomanes incorporó reformas religiosas, educativas, y gubernamentales. El impulso de la Ilustración en España fue principalmente uno económico.

El estado español disminuyó la influencia de la Iglesia Católica con un sinnúmero de reformas. En 1753, el Rey se estableció como la autoridad de la Iglesia; en 1767 expulsan a los jesuitas del reino, quienes habían controlado la mayoría de las instituciones educativas importantes. En ese mismo año se inicia una reforma de los colegios mayores y, en 1768, el Rey declara su derecho de autorizar todas las declaraciones públicas de la Iglesia. (Aunque algunas de estas reformas habían hincado durante el reino de Fernando VI, entraron en vigor con el rey Carlos III.)

Las ciencias que se estimularon no fueron necesariamente las ciencias teóricas sino principalmente las prácticas: la cartografía, la mineralogía y otras de índole similar. En 1753, la marina estableció el primer observatorio astronómico de España, al igual que se inició la creación de mapas de las costas españolas e hispanoamericanas, que para la fecha todavía no habían sido dibujadas adecuadamente. Se crearon las Sociedades Económicas, también llamadas “Amigos del País” o “Real Sociedades Patrióticas”, para la difusión de las ciencias útiles y el desarrollo económico. Los numerosos viajes por las Américas se hicieron con fines de buscar y clasificar toda planta con valor médico o económico potencial, como se ha visto antes.

En todas estas acciones se pueden ver las tres características dominantes: la centralización, la militarización y la racionalización de la burocracia española—la última que incluía la formación de nuevas instituciones para funciones que no se cubrían previamente. Ilustrativo quizás fueron los cambios al Protomedicato, existiendo en un estado completamente descentralizado en el cual cada ciudad ejercía sus propias normas y leyes de la profesión. Se dismanteló el sistema. El Protomedicato en Castilla le fue brindado autoridad sobre todos las demás instituciones de medicina española. Se formaron nuevas instituciones científicas e educativas, como el Jardín Botánico de Madrid en 1781, al igual que el Gabinete de Historia Natural. El Jardín, controlado por el Protomedicato y la Marina, sirvió como punto central de la ciencia española en la época.

Del mismo modo, se intentó una consolidación en las universidades y la modernización del currículo al introducir el newtonianismo. En 1770, el Consejo de Castilla creó un puesto para supervisar este proceso, quien le pidió a todas las universidades que mandasen una lista de sus cursos al igual que hicieran recomendaciones sobre el proceso. Se puede ver la insistencia del poder autónomo universitario en el hecho que algunas facultades tomaron 16 años en responder, cuando se les había dado un término de cuatro meses. Otras nunca respondieron. Durante este periodo, también se observa la formación de nuevas instituciones científicas y académicas, como: el Colegio de Artillería de Segovia (1762), la Real Sociedad Militar de Madrid (1757), las Académicas de Guardias de Corps de Madrid (1750), el Cuerpo de Ingenieros (1773), el Seminario Metálico de Vergara (1783) y la Real Escuela de Mineralogía de Indias (1789). Aunque no todas las reformas vieron luz, como la introducción del newtonianismo, es obvio que el espíritu del reformismo se difundió a través la sociedad española durante el reino de Carlos III.

Estos cambios institucionales dentro de España tuvo repercusiones para el desarrollo científico en América Latina durante la ultima mitad del siglo XVIII. Algunos de estos cambios afectaron directamente las instituciones coloniales, en otras el espíritu de la reforma se difundió indirectamente en ellas.

Sociedades Económicas

Aunque España no participó en la Revolución Científica debido al aislamiento creado por la Contrarreforma, aparecieron en la nación patrones institucionales similares a los del resto de Europa. Hay que recordar que científicos en Francia y Inglaterra habían formado instituciones de apoyo mutuo como la *Royal Society* en Londres y la *Academie des Ciencias* en París el siglo previo. Aunque el Marqués de la Ensenada trataría de fundar una Sociedad Española de la Ciencia, su caída de poder en 1753 dejaría esta sin fruto inmediato, excepto por la creación del Jardín Botánico. Pero el sucesor institucional más parecido a estas fueron las Reales Sociedades Económicas, también llamadas como los “Amigos del País” o “Reales Sociedades Patrióticas”. Aunque su carácter no fue tan intensamente científico como el de sus contrapartes europeos, ciertamente tuvo la función de tratar de expandir la ciencias “útiles”.

Su formación empieza con la creación en 1775 de la Real Sociedad Vascongada de Amigos del País en España, tardía formación en comparación con la primera de su tipo creada en Alemania en 1744, seguidas por las de Francia (1761) y Rusia (1773). La parte norteña, más avanzada que el resto de España, generó una institución viable y rápidamente imitada por otras ciudades españolas. Se estableció una en Madrid para 1778 por la sugerencia del propio Campomanes, en León (1783) y otras en el último cuarto de siglo. Originado de la iniciativa privada no-gubernamental, su crecimiento fue tan abrupto que el mismo Carlos III aprueba su existencia dado su interés en promover el amor por las “artes útiles” en el reino. Para 1788, 80 de tales sociedades en España habían sido autorizadas por el Rey. Tienen parecida difusión rápida en la España colonial: Manila (1782), Guatemala (1786), Lima (1790), Quito (1791), Cuba (1792), Nueva España (1799), Nueva Granada (1801) y Puerto Rico (1813). Por lo tanto, se observa que el patrón latinoamericano cae dentro del patrón colonial español. No son sociedades originadas en la colonia, aunque tendrían un impacto grande en la difusión de la ciencia y el sentimiento independentista criollo.

Pero, ¿cual era exactamente la función de estas sociedades? De acuerdo con los estatutos de la sociedad creada por Mutis en 1801, se evidencia que se dedicaría a la promoción de la agricultura, el comercio la industria, la policía, al igual que las ciencias útiles y las artes liberales. La Sociedad Económica de Manila, parecido al *Cercle des Philadelphes* en Saint Domingue, importó gusanos de seda de China al igual que aquellas plantas como el añil usado para tintes orgánicos de la época.¹⁸² En Cuba, el grupo Amigos del País promovía ensayos sobre temas como el mejor manejo de las abejas y de la miel, estimulando la actividad científica de intelectuales como el médico Tomas Romay. En México, se hicieron estudios sobre la introducción de nuevas especies de maíz al igual que aquellos productos agrícolas en demanda europea como el cochinilla y el henequén. José Antonio Alzate

tradujo al castellano artículos aparecidos en otras revistas de sociedades europeas, tales como la Real Academia de las Ciencias de París y la Academia de Ciencias de Berlín. Se publicaron un sinnúmero de estudios en sus revistas, desde la medicina hasta la mineralogía.

Un aspecto común fue el uso de la imprenta por estas sociedades. Aunque la Sociedad no fundó los *Papeles Periódicos de la Habana*, esta revista se convirtió en su medio de difusión oficial en 1793. Se puede observar un patrón parecido por el resto de América Latina. El desarrollo de las sociedades económicas estimuló el crecimiento de los medios de difusión pública (periódicos) a fines de siglo XVIII. El valor de las mismas y su carácter innovador se puede apreciar al considerar que, aunque la imprenta surge en 1453, en 1535 sólo existían dos imprentas en la colonias. Para 1808, 25 imprentas se habían establecido en el continente. El número de periódicos crece rápidamente: *Gazeta* (Guatemala) en 1795, *Diario de Lima* 1790, *Mercurio Peruano* 1791, *Telégrafo Mercantil* en 1796 y *Diario de México* en 1805 entre otros. Parecidamente, el *Semanario* iniciado por Caldas en Nueva Granda, al igual que el periódico científico mexicano *Asuntos varios sobre ciencias y artes* de 1772 se pueden ver como parte de este crecimiento intelectual criollo.

No obstante, la mayoría de los ciudadanos en el mundo colonial no tenían información noticiosa diariamente disponible. Tal se debe a su pobre abastecimiento sino también por la poca demanda dado a su alto nivel de analfabetismo, problema que aún se ve en el mundo contemporáneo. Cuando Darwin viajó por Argentina durante la primera mitad del siglo XIX, se le preguntó si Inglaterra era una ciudad que quedaba al oeste de Buenos Aires. Ciertamente, el crecimiento de tales periódicos expandieron significativamente el saber de la elite criolla sobre el mundo exterior y de sí misma. La difusión de información básica sobre el mundo, al igual que la expresión de opiniones criollas, irónicamente ayudó a vincular las sociedades “patrióticas” con el movimiento independentista hispanoparlante. Ayudó a crear instituciones libres no controladas por el estado colonial español, estimulando la actividad criolla en todas las esferas sociales.

La Universidad de San Carlos de Guatemala

Si la universidad europea, en general, no fue centro de actividad científica, tampoco se ha de esperar que las universidades españolas e hispánicas hubiesen sido centros de investigación científica originales, particularmente cuando estas eran controladas por órdenes religiosas.

A pesar de una intensa búsqueda hecha por historiadores españoles en un sinnúmero de archivos, no se ha encontrado un genio científico a la altura de Newton, Galileo o Kepler en España. Los estrechos vínculos que existían entre España y Europa durante el Renacimiento fueron rápidamente cortados por la Contrarreforma. A pesar de ciertos avances españoles, al igual que en la

Rodrigo Fernós

enseñanza del copernicanismo por parte de Diego de Zuñiga, tales voces fueron rápidamente prohibidas. A los jóvenes que previamente habían podido estudiar en otros países europeos se le prohibió su partida del país.

La reacción académica a esta represión por parte de la Inquisición fue tímida. A pesar de la aceptación individual de ideas como las de Copérnico y Newton, los académicos tenían que rechazar públicamente tales ideas, o sino explicar que eran métodos matemáticos con poca validez en la realidad del mundo natural. El eclecticismo intelectual español no se debió solamente a la influencia filosófica de los jesuitas sino al ambiente represivo en que los intelectuales vivían y, por lo tanto, a las reacciones débiles en el cual trataban de expandir el mundo intelectual dentro de la censura del estado. Irónicamente, los censores de la Inquisición no podían distinguir entre la astrología, o la charlatanería, con la astronomía, una ciencia rigurosa con un alto nivel de complejidad matemática que pocos dominaban.

Para obtener una idea del impacto negativo de la universidad hispánica a la ciencia podemos analizar su método de enseñanza. A la par con una filosofía medieval, no se valorizaba la producción intelectual original. Los exámenes consistían en pruebas de memoria. Se tomaba un libro de Santo Tomás o Aristóteles, insertaba un cuchillo en cualquier parte de este y se le pedía al estudiante que defendiera o atacara cualquier pasaje que ahí se encontraba. La educación también consistía en la memorización en un idioma, el latín, que ni los maestros ni los estudiantes entendían bien. El desarrollo intelectual consistía solamente en la “perfección artística “ se su presentación al público, análoga al teatrismo de Dalí.¹⁸³ La calidad del intelectual se marcaba por cuán bien se podía citar a otros sin que se desarrollara la línea de pensamiento propio y original o, del mismo modo, de cuán bien se podía atacar los argumentos de otro sin que se pudiese desarrollar genuinas contestaciones a problemas de genuina importancia. Un joven estudiante se quejó del sistema, en el que malgastaban el tiempo con,

cuestiones inútiles, que, consistiendo únicamente en términos abstractos, no enseñan absolutamente nada, no deja nada en la inteligencia...no queda sino el haber perdido su tiempo....no sirve más que para llenar de tinieblas la inteligencia en lugar de aclararla.

¿Como explicamos este hecho? Desde una época temprana, la institución universitaria se trasladada al Nuevo Mundo, tal como la de Nueva España en 1551. Durante el periodo colonial, se establecieron un total de 23 universidades. No obstante, la educación superior no era para la mayoría de la población sino para los varones blancos. A las minorías étnicas y las mujeres no se les permitía la entrada o participación, aunque se hacían excepciones con

los indígenas por la función civilizadora universitaria que, de acuerdo con la perspectiva española, tanto necesitaban.

Los gastos de las universidades consistía de unos 10,000 pesos—cifra altísima cuando se considera que el salario de los profesores era de solamente unos 100 pesos anuales. Los padrinos de los estudiantes criollos o españoles pagaban estas sumas. Las restricciones de entrada no solo incluían lo económico sino lo racial; se les requería a los estudiantes entregar una carta como evidencia de su pureza de sangre. Tenían que probar la línea hereditaria como blanca por un sinnúmero de generaciones, efectivamente bloqueando así de las aulas a una cantidad significativa de mestizos. Las restricciones eran tales, que a través de 300 años, solamente unos 150,000 estudiantes se graduaron de las universidades latinoamericanas coloniales.

Los planes de estudios incluían tres bachilleratos: teología, leyes o medicina, siendo la primera la más predominante. Hay que señalar, irónicamente, que los estudiantes de leyes no se graduaban preparados para practicar la abogacía. Estos tenían que pasar por otro periodo de aprendizaje de dos años con un mentor antes de empezar a practicar. Debido al número limitado de bachilleratos, unos 141 estudiantes de unos 464 en total estudiaron leyes en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Su número aumentó tanto que para 1810, se tuvo que formar el Colegio de Abogados en esa región para restringir la entrada a la profesión; cualquiera que no había sido aprobado por el Colegio no podría practicar la ley. Más de un 90% de la población en el mundo hispánico era analfabeta.

Formación de universidades (Periodo colonial)		
Fecha	Virreinato	Universidad
1551	Nueva España	Real y Pontifica Universidad de México
1551, 1578	Perú	Universidad de San Marcos
1558	República Dominicana	Universidad de Santiago de la Paz
1681	Nueva Granada	Real y Pontifica Universidad de San Carlos Borromeo
1721	Nueva Granada	Colegio de Santa Rosa
1728	Cuba	Real y Pontifica Universidad de San Jerónimo
1738	La Plata	Universidad de San Felipe
1772	La Plata	Real Universidad de San Carlos y de Nuestra Señora de Montserrat

Aunque la Ilustración española ayudó a iniciar una reforma educativa en la periferia colonial, los centros de la ciencia hispánica no se encontraban

Rodrigo Fernós

en las universidades sino en instituciones externas a estas, como los colegios militares, los colegios de cirugía, e instituciones como el Seminario de Minería en la Ciudad de México. Aunque se desarrolló una serie de cambios en las universidades hispánicas, la evidencia indicando cuales eran las universidades más destacadas no es muy clara y contundente. Dentro del marco estatal, se reconoce la importancia de la Universidad de Nueva España, aunque otros centros avanzados también existían en la periferia de esta región tal como en lo que ahora es Guatemala. Ciertamente, cambios universitarios en España ayudaron a iniciar cambios educacionales en la América Latina colonial, pero no fue un proceso directo e dirigido por la monarquía de Carlos III.

Al inicio, se podían ver cambios en trabajos de españoles como Fray Benito Jerónimo de Feijoo y Montenegro que publicó sus *Teatro Crítico Universal* y *Cartas eruditas y curiosas*, trabajos de largo estudio en un total de unos 14 volúmenes entre 1726 y 1759. Sus obras fueron vehículos importantes para la difusión de la “nueva filosofía” en España y América Latina colonial. Fernando VI aprobó de el trabajo de Feijoo en 1750, el cual contó con más de 15 ediciones (1786) a pesar de su extensión. Feijoo criticó la decadencia intelectual de la metrópoli, argumentando que, a pesar de su gloria pasada, tenía que desarrollar las ciencias para una nueva historia. Se ven que aparecen actitudes similares en las colonias, particularmente en cuanto al rechazo de la “vieja filosofía”.

El cuento de Simón Bergaño y Villegas en Guatemala titulado “El engañado” demuestra la pobreza de la tradición intelectual hispánica basada en viejos clásicos griegos como los de Aristóteles. El protagonista está muy orgulloso de su biblioteca en la cual gasta unos 5,000 pesetas, coleccionados arduamente unos mil libros. Un joven lo visita un día, quien se rió de los libros en la colección. Le dijo que había más sabiduría en los pocos libros que llevaba a mano, que le habían costado unos 200 pesos solamente. El joven se refería a los trabajos de Newton o Galileo. A partir de 1770, se ve claramente una nueva actitud que dura hasta 1820, cuando inicia el periodo de la independencia guatemalteca.

Desde la década de 1770, profesores como José Goicoechea dan nuevos cursos como el de física experimental. Goicoechea, quien había estudiado en Costa Rica y no en Europa, introduce en la Universidad de Guatemala el currículo a la par con aquel enseñado en Europa. Los temas incluían el estudio de la luz por Benjamín Franklin y el atomismo de Descartes.¹⁸⁴ Goicoechea también elimina el sistema de oposiciones. Les asignaba a sus estudiantes leer sobre un mismo tema, pero desde varios autores para así comparar sus puntos de vista y determinar los aspectos más favorables de cada. Este también hizo un cambio curricular, e introdujo tres nuevas cátedras, dos de la cuales eran la de matemáticas, la reina de las ciencias, y la de física experimental. Como un estudiante comentó, las discusiones y los argumentos tan típicos del sistema de oposiciones no resolvían nada. Lo que se tenía que hacer era ir a la naturaleza y preguntarle directamente.

Si las tesis antes de 1770 discutían principalmente temas teológicos y aristotélicos, después de 1770 se ven temas estrictamente científicos. Es obvio que los estudiantes en sus lecturas habían sido expuestos a la nueva filosofía de Newton, Galileo y a pensadores como John Locke, Gottfried W. Leibnitz, Condillac y otros. Libros que habían sido previamente sancionados por el Índice Romano, como la *Instituciones philosophicae* (1784) de Lugndunesis, se estaban leyendo, al igual que el de Theodoro d'Almeida titulado, *Cartas físico-matemáticas de Teodosio a Eugenio* (1792) que discutían la mecánica y la hidrostática. Aunque no siempre de acuerdo con tales contestaciones, se estaban estudiando nuevos temas. Surgió un nuevo espíritu intelectual durante la época.

Observadores norteamericanos, comentaron positivamente sobre el nuevo espíritu de la región. Señalan que la leyenda negra, la cual alegaba la inferioridad cultural hispánica, era un falso mito,

No ha habido tema más errónea y trivial de comentario vulgar sobre la ignorancia de los vagos caballeros...Ha sido tan frecuentemente repetido y tan ampliamente proclamado, que muchos de nuestros más honestos patriotas sinceramente creen que los españoles son muy inferiores. Pero una investigación breve dará a cabo que Nueva España ha producido un gran proporción de observadores respetables y de estudios muy valiosos....¹⁸⁵

La Sociedad Filosófica de América (*American Philosophical Society, APS*) , institución estadounidense para la promoción de la ciencia y las artes útiles, compró un número de estudios hechos en Sur América, valorados por su calidad y detalle cuidadoso. Estos incluyeron los libros de Hipólito Ruiz, miembro de la Expedición Botánica en el Perú, el "Mercurio Peruano" y libros de mineralogía escritos por Mexicanos. Estos también estrecharon relaciones profesionales al elegir a Alejandro Ramírez, de Cuba, como miembro honorario.

Conclusión: ¿para qué fines?

¿Cuán beneficiosa fue la Ilustración y, más ampliamente, la Ilustración española en el desarrollo científico de América Latina? Es una pregunta difícil de contestar.

Ciertamente, el periodo fue positivo a corto plazo para el desarrollo de aquellos científicos que ya eran parte del sistema: la población blanca, masculina, de cierto rango social alto. Estimuló el desarrollo de hombres como Caldas, Ruiz y otros, al igual que ayudó a establecer la ciencia como

Rodrigo Fernós

disciplina en la universidad hispanoamericana que anteriormente no existía. No hay duda de que desde 1770 hasta la primera década del siglo XIX, hubo un renacer intelectual científico en comparación con todo de lo que le antecedió: nuevas actividades, nuevos estudios, nuevas ideas, nuevos descubrimientos.

Al cortar con el estado español, la Ilustración hispánica tuvo un efecto positivo a largo plazo al estimular la revolución política. El estado español no apoyaba la actividad criolla en un sinnúmero de actividades sociales, la ciencia siendo una entre otras. En este sentido general, el fin del colonialismo español y la transferencia de la soberanía nacional a la región creó las bases políticas que posibilitaban un mayor apoyo gubernamental a la ciencia local. No obstante, que tal apoyo no se dió de manera sustantiva durante el siglo XIX sugiere las limitaciones de la Ilustración en la América Latina colonial. Fue un progreso paulatino, tronchado a temprana edad.

Si la revolución francesa llevó a la “monarquía” napoleónica que valorizaba la ciencia y que ayudó a establecer las bases institucionales del desarrollo científico francés, no se puede decir lo mismo sobre los cambios políticos en los países hispánicos. La muerte de Carlos III dio marcha atrás las reformas que este rey filósofo había hecho para estimular la ciencia hispánica. Su sucesor, Carlos IV, no tenía la visión científica ni el amor por la ciencia que su predecesor había tenido; quizás más típico al carácter español, echó a un lado la ciencia. Los trabajos de las expediciones botánicas se echaron a perder. Hombres como Malaspina quedaron aprisionados por jaque mates políticos. Instituciones como la Real Académica de la Ciencia Española nunca llegaron a ser formadas a pesar de ser sugeridas, una anomalía cuando se compara con el resto de los países europeos.

Durante el periodo de la revolución por la independencia, la persecución y asesinato de los pocos científicos criollos tuvo un efecto negativo, tanto a corto y largo plazo. La pequeña comunidad científica fue gravemente reducida, afectando su desarrollo a inicios del periodo nacional. Aunque se podría observar que la muerte de Caldas quizás no es tan diferente como la muerte de Lavoisier durante la Revolución Francesa en que violentos cambios políticos eliminan innovadores científicos; su impacto social del primero (muerte de Caldas) es mucho mayor dado la escasez absoluta de científicos criollos y el pobre estado de la ciencia. Mientras que la ejecución de Lavoisier no paró el desarrollo de la comunidad francesa, la ejecución de Caldas equivale a la ejecución de la comunidad científica criolla del Virreinato de Perú. Atrasaría el desarrollo de la “masa crítica” necesaria para un desarrollo dinámico por medio siglo.¹⁸⁶ No veremos tales comunidades científicas en números significantes hasta la segunda mitad del siglo XIX.

Aunque eventualmente se logra establecer la actividad científica, ocurre bajo circunstancias muy diferentes. Alcanzar a Europa en la carrera científica sería más difícil. El siglo XX sería un periodo de ardua competencia debido al cambio en el carácter de la ciencia moderna. Su tremendo tamaño

organizacional, tecnológico y financiero imposibilitaría las naciones menores hacer logros sustanciales. Este tipo de competencia científica sería más difícil de superar a la que había existido durante el periodo colonial.

CUARTA PARTE: HACIA LO MODERNO

Aunque los desarrollos científicos en América Latina del siglo diecinueve se podrían clasificar como ‘ciencia colonial’ bajo el esquema de George Basalla en su reconocido artículo, “*The Spread of Western Science*”, vemos señales de esperanza. Con una base científica desnutrida mediante persistentes problemas políticos, la ciencia de la región no pudo levantarse firmemente hasta el último cuarto de siglo. La participación de científicos extranjeros, otra característica de la ciencia colonial de acuerdo a Basalla, ayudó a sembrar futuras bases científicas. Durante el siglo XIX, la nueva América Latina fue el panorama donde otros hicieron ciencia; los criollos de la región fueron partícipes secundarios. Irónicamente, la contribución más sustancial que América Latina ha brindado a la historia de la ciencia ocurrió bajo estas circunstancias: el concepto de la selección natural.

Sin este laboratorio natural creado por tierras latinoamericanas, la revolución darwiniana quizás nunca hubiese surgido—una revolución que forjaría la biología como disciplina científica a la par con la física newtoniana. Los viajes de Charles Darwin a través de Suramérica lo inspiraron para ser un historiador natural por el resto de su vida, al igual que proveerle las claves para su idea de la selección natural. El haber sido testigo a un terremoto y el consecuente el aumento en el nivel de tierra le dio evidencia concreta sobre las ideas geológicas de Charles Lyell, que sirvieron como esquema filosófico para sus propias ideas. De acuerdo a Lyell y Darwin, el carácter cataclista de la literatura Católica no era necesario para explicar la existencia o creación de nuevas montañas o nuevas especies. El mundo natural, sea el geológico o el biológico, cambian lentamente por procesos observados diariamente, pero cuya acumulación terminan en resultados revolucionarios.¹⁸⁷ El viaje lo estimuló a transformar nuevos conceptos de la geología, que darían coherencia a todos los seres vivos del mundo natural.

Darwin no había sido el único historiador natural del extranjero que viajó a la región. Durante el siglo XIX, un sinnúmero de estos originando de Europa y Estados Unidos, viajaron específicamente para estudiar su flora y fauna. No todos llegarían a transformar el paradigma teórico de la biología en la manera que lo hizo Darwin, pero ciertamente añadieron a su riqueza de nuevos hechos y especies no previamente conocidas. Quizás el ejemplar más famoso es Alexander von Humboldt, quien se dedicaría el resto de su vida a transcribir sus notas para publicación—hazaña que agotaría su gran fortuna heredada.

Humboldt no tendría el mismo impacto teórico que tuvo Darwin. Si miramos a sus logros reales lo podríamos clasificar como un zorro (*fox* en inglés) en vez de un puerco espín (*hedgehog* en inglés).¹⁸⁸ Es decir, Humboldt

se reconoce hoy por sus pequeños descubrimientos, en vez de una gran teoría universal; no es decir que no trató de crearla. Este compiló toda el conocimiento occidental para el fin de su vida en su multi-voluminoso *Kosmos* (1845-1858), obra enciclopédica ya caducada al momento de su publicación. También hemos de notar que Humboldt ciertamente buscaba desarrollar una teoría que diera coherencia al mundo natural, explicando el porque de su inmenso gabinete biológico. Durante su viaje, entre 1799 y 1804, notó como el medioambiente influenciaba la forma de las especies, idea algo sugestiva de las preguntas que llevaron a Darwin a su concepto de la selección natural. Humboldt dibujó mapas clasificando especies por su localización topográfica—mapas sugestivos de la evolución y que influenciarían a científicos locales tales como Francisco José de Caldas.

Hubo otros ingredientes a la sopa científica de la época. A manera que varias naciones occidentales se industrializaban durante el siglo XIX, se le hizo obvio a muchos latinoamericanos que se estaban quedando por detrás. El aumento de diferencias socioeconómicas a gran escala explica el auge de la filosofía de Auguste Comte, el positivismo en América Latina. Se percibió como una guía a la modernización en aquella época. La primera obra de Comte contenía un modelo del desarrollo humano, describiendo las varias etapas bajo el cual las naciones europeas habían pasado. El positivismo fue utilizado en América Latina no solamente para explicar el “porque”, sino dirigir el “como” de la modernización, dejando así una huellas en el psique cultural latinoamericano.

Desafortunadamente, el ser humano tiende a ver solamente lo que está culturalmente programado a ver. Intelectuales de la región utilizaron los aspecto pseudo-religiosos para establecer una cuasi-modernización, más correctamente referidas como “religionalización”. Otras filosofías tuvieron fines parecidos. Las ideas del pensador europeo Allen Kardek se combinaron con el pensar africano, tan predominante en Brasil, para crear un tipo de espiritismo profesionalizado, que todavía existe hoy día. Como el melón de color verde en su exterior pero con una base interna roja, la clase elite criolla brasileña, de tez blanca, era más africana de lo que se imaginaban o quisiera aceptar. A pesar de estas guías filosóficas, la industrialización no llegaría a Suramérica hasta medios del siglo veinte. Sin la modernización industrial, la ciencia de la región se quedaría paralizada.

Capítulo 17

ALEJANDRO VON HUMBOLDT: LA COHERENCIA DEL MUNDO NATURAL

*Las causas de la distribución de las especies es uno de los misterios de la filosofía natural que no se puede contestar....La coincidencia de las mismas causas en los mismos lugares tienen que haber producido los mismo efectos.*¹⁸⁹

—Alejandro von Humboldt

Hoy en día, se da por sentado la unificación de la naturaleza. Hemos heredado un entendimiento de la misma que provee unas pocas explicaciones que abarcan grandes cantidades de entidades y eventos naturales. Se puede tomar como ejemplo cualquier ciencia, como la meteorología.

Entendemos el porqué de las direcciones de los vientos, su relación con la presión barométrica, al igual de como se relacionan con fenómenos como los huracanes. Grandes regiones de la Tierra con homogeneidad territorial, como el Desierto del Sahara, crean grandes masas de aire con características homogéneas. Estas gigantescas burbujas de aire caliente se desplazan al Atlántico de este a oeste, que, al ser afectadas por condiciones en el océano, forman lo que ahora entendemos como un “huracán”, palabra indígena taína. Lo mismo se podría decir de las grandes masas de aire frío que se mueven a través de Estados Unidos de oeste a este, creadas en Canadá, que tienen grandes efectos en las regiones por las cuales atraviesan. La meteorología moderna no sólo unifica un sinnúmero de eventos pequeños dentro de estos dos fenómenos, los huracanes y los frentes de frío, sino que demuestra la similitud de dos procesos que aparentan ser diferentes. La ciencia moderna le da coherencia a un sinnúmero de eventos, reduciendo así los gastos operacionales de la mente humana.

Pero esta visión de la ciencia como “unificadora” del mundo natural es una relativamente nueva en la historia humana. Alejandro von Humboldt (1769-1859), científico alemán, fue uno de los personajes más importantes en ayudar a establecer este criterio científicos como uno de sus rasgos principales.

Los historiadores de la ciencia no han sido muy amables con la figura de Humboldt. En términos de influencia, se le ha relegado al estatus de un Leonardo da Vinci: un genio conocedor de un gran número de temas, pero cuyo papel fue relativamente pequeño en el desarrollo interno de la ciencia moderna. Hay diferencias que se reconocen, como que da Vinci era un genio aislado, mientras que Humboldt mantenía contactos con una cantidad de

figuras importantes del mundo científico, cultural y político de Europa. No obstante, no se reconoce que Humboldt este a la par con las figuras de Newton y Darwin. Los historiadores de América Latina quizás le otorgan una posición más privilegiada a la figura de Humboldt, pero otra vez no necesariamente por su mérito científico.

Humboldt, quien viajó por América Latina durante cinco años (1799-1804), es una figura importante al elucidar las condiciones de la región poco antes de las guerras de Independencia en la década de 1820, fenómeno curioso al notar que su viaje fue un accidente histórico. Describió detalladamente las condiciones que se encontraban en aquel entonces: estadísticas sociales, las misiones en las amazonas, entre muchas otras. Para los historiadores de la ciencia de América Latina, este se caracteriza como alguien que estimuló la ciencia local, pero su impacto es uno limitado al ser una figura transitoria. Para otros, éste inicia un nuevo estilo de descripción natural, pero otra vez notamos que no es una contribución substancial dentro del contenido científico per se. La influencia de los hombres no siempre son fáciles de rastrear.

Humboldt y Darwin

¿Quién fue Humboldt? A Humboldt ciertamente se le reconoce por un sinnúmero de “pequeñas” cosas (zorro). Durante un viaje por España, descubrió que la parte central eran una inmensa meseta elevada sobre el nivel del mar, hecho sorprendente en aquel entonces. Inventó las líneas isotérmicas en los mapas o las líneas de igual temperatura, utilizadas en mapas modernos, al igual que las de nivel barométrico. Descubrió que los volcanes están alineados frecuentemente en una misma región, clave luego usada para la idea de los platos tectónicos. Casi inventó la batería al estudiar el galvanismo (la electricidad) y su efecto en los animales; hoy tendríamos el “humboldt” en vez del “voltio” si este hubiese hecho su descubrimiento primero. Al mandar una muestra de guano a la metrópolis, estimuló un periodo de actividad económica intensa en el Perú.¹⁹⁰ Descubrió lo que ahora de conoce como la corriente de Humboldt: una corriente de agua fría que se mueve de sur a norte en la costa pacífica de América Latina, asociada hoy día con el fenómeno climatológico del Niño. Humboldt también averiguó que el río Orinoco en Venezuela durante el periodo colonial (Nueva Andalucía) estaba conectado con el Amazonas.

Como se puede ver, su viaje por América Latina fue la actividad más importante de su vida, estableciendo la base de un gran número de sus descubrimientos. Viajó con el botánico francés, Aimé Bonpland, principalmente en lo que ahora es Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador, y Cuba. Trajo consigo los últimos instrumentos científicos y compiló un sinnúmero de datos a medida que viajaban: la altitud, la presión barométrica, la flora y fauna, etc. Si hubiesen iniciado su exploración 50 años después o 50 años antes, el viaje hubiese sido imposible, no solamente por las condiciones

Rodrigo Fernós

políticas inestables (50 años después) sino por el estado primitivo de la tecnológica (50 años antes). El mejoramiento continuo de los instrumentos europeos significó que se redujeron en peso y tamaño mientras que mejoraban la calidad de su detalle, dinámica tecnológica parecida a los cambios en las computadoras desde la Segunda Guerra Mundial.

En su viaje, Humboldt atravesó 6,000 millas, coleccionó unos 60,000 especímenes de plantas y envió 55 cajas a Europa. Todas las muestras de animales que obtuvo desafortunadamente se pudrieron debido al alto nivel de humedad en la región. Envío tres cargamentos de cajas para disminuir el potencial de pérdidas tan común en el viaje marino en esa época previamente señalado: una desde Caracas, otra de Lima, y las que llevó consigo. El viaje duró cinco años, pero Humboldt tomaría el resto de su vida para escribir sobre él—iniciativa que resultó en unos 30 tomos y que utiliza todo su ingreso de herencia.

Al regresar a Europa en 1804, se trasladó a París donde se convierte en una figura importante de su época. Fue amigo íntimo de poetas como Johann von Goethe y Johann Schiller, al igual que conocía a importantes científicos como Georges Cuvier (biólogo), Joseph Lagrange (matemático y físico), Pierre Simon el marqués de Laplace (físico y astrónomo). Goethe dijo que se podía aprender más de Humboldt en una hora que leyendo múltiples libros en una semana. La reputación de Humboldt fue tal que sus libros se tradujeron a varios idiomas.

Su relato sobre sus viajes por el Orinoco fue traducido al inglés poco después de su publicación original, teniendo una influencia grande en Charles Darwin cuando joven. Darwin escribió que Humboldt había sido uno de los exploradores científicos más importantes que había vivido. Humboldt no solamente influyó a Darwin, sino a otras figuras científicas en de la vida de este: Charles Lyell y Robert Hooker. Se sabe que Darwin le preguntó a uno de sus primeros maestros, John Henslow, si había leído múltiples veces la obra de Humboldt como su estudiante había hecho. Cuando la reputación de Humboldt decayó durante la mitad del siglo XIX, Darwin le comentó a Hooker que tal era el destino de sus héroes. En su propia jornada por América del Sur, Darwin escribió que si antes admiraba a Humboldt, luego de sus viajes lo adoraba. Humboldt inspiró tanto a Darwin que se dedicó a memorizar partes de sus obras, al igual que insistirle a su querida hermana que lo leyera. He aquí, en su impacto a Darwin, donde veremos la importancia no muy reconocida de Humboldt; tuvo mayor impacto a la teoría de la evolución de lo que se le ha dado crédito.

Se argumentará aquí que Humboldt definió el paradigma central de Darwin, un argumento no muy comúnmente visto en la historia de la ciencia. Aunque se reconoce el fuerte impacto emotivo de Humboldt, no se tiende a enfatizar su impacto intelectual. Se observa, por ejemplo, que Humboldt como explorador había subido la montaña que se creía ser la más alta del mundo en su época, el Chimborazo de Perú, lo que también añadía un nivel de afinidad

en la mente de Darwin. Pero en las biografías de Darwin, se le tiende a hacer énfasis a otros como los pensadores ingleses Robert Malthus y Lyell. Esto sugiere un prejuicio nacionalista de parte de los historiadores anglo-sajones quienes implícitamente han utilizado a Darwin (o a Newton) como símbolos de la grandeza científico-cultural de su nación.

La visión de Humboldt: el empirismo romántico

Humboldt fue un personaje especial porque combinó dos diferentes filosofías. Humboldt había sido influenciado tanto por el movimiento romántico alemán, caracterizado por Goethe, y el empirismo francés de la Ilustración, caracterizado quizás por Diderot. Pero Humboldt se diferenciaba de cada uno de ellos porque mezcló diferentes elementos de estos, creando algo nuevo. Combinó la visión orgánica, unitaria e histórica del Romanticismo con aquella del entender empírico y mecánico de la Ilustración para crear lo que se podría llamar el “empiricismo romántico”.¹⁹¹

El Romanticismo fue una reacción al mecanismo frío de la Revolución Científica. En Inglaterra el movimiento se destacó por figuras como William Blake y por J. W. Goethe en Alemania. Si la Revolución Científica cuantificó al mundo como uno frío, inerte y atómico, el movimiento romántico lo reclamó como orgánico, histórico y unitario. El mundo no era un compendio de partículas muertas guiadas por fuerzas ciegas sino de seres vivientes con espíritu en constante estado de desarrollo. Lo que importaba para estos no era el “análisis” de Newton, en el que se rompían los objetos de estudio en sus diferentes componentes, sino la “síntesis”, en el que se unificaban los diferentes componentes.

En Alemania, el movimiento trató de crear una nueva filosofía hacia el mundo natural, conoció por el término *naturphilosophie*. Goethe, por ejemplo, publicó en 1810 *Zur Farbenlehre* postulando una nueva teoría de la luz. Para él, los experimentos de Newton no eran válidos porque no miraban a la naturaleza en su estado natural; la mente creaba los colores para distinguir entre la luz y la oscuridad—idea que hoy miramos con alguna perplejidad. Parecidamente, otros románticos alemanes criticaban el método de clasificación de Linneo porque dividía el mundo natural, tal como Newton dividió los rayos de luz. Dichas divisiones eran artificiales, de acuerdo a estos. Las construcciones del intelecto humano “asesinaban” a la naturaleza; se perdía la unidad de los seres vivientes manifestándose entre sí como un solo proceso.

Parecidamente, una de las ideas más prevalecientes en los trabajos de Humboldt era la unidad del mundo natural. El paradigma humboldtiano consistía en acumular un sinnúmero de hechos para luego entender como estos se relacionaban entre sí. Para Humboldt, por ejemplo, la geología afectaba a la vida biológica y así, la vida humana; el mundo era una serie de relaciones mutuas. En un mapa que hizo del Chimborazo, identificó la vida biológica y

Rodrigo Fernós

buscó como esta se relacionaba con el medioambiente geológico. Encontró que existían un sinnúmero de similitudes.

Animales de climas similares tenían formas similares, a pesar de ser especies tan diferentes—observaciones de temas similares a aquellos investigados por Darwin y Caldas. Pero Humboldt no atribuía esta correlación a la migración de las especies y, por lo tanto, estas similitudes no se podían explicar por el medio de difusión. Si uno comparaba las especies de la costa tropical-pacífica al oeste de los Andes con las especies tropicales al lado este en la Amazonas, no tenían los mismos orígenes. Por lo tanto, concluyó que las grandes montañas de los Andes creaba una barrera efectiva inhibiendo dicha migración. ¿Como entonces explicar su similitudes estructurales? Humboldt especuló que la resolución de tales problemas llevaría al naturalista que las resolviese a gran fama.

La geología también se podía utilizar para explicar la vida humana. Este indicaba que los climas afectaban grandemente la civilización de los grupos humanos y el estado mental de sus ciudadanos. La correlación entre ciertos grupos sociales y el ambiente tropical en que la mayoría de estos vivían explicaban su condición primitiva. El medioambiente tropical entorpecían su desarrollo—idea parecida a la de Unanue. Inversamente, opinaba que el ambiente “claro” de las montañas literalmente “clarificaba la mente” y su pensamiento—explicando quizás su afán por las temperadas montañas.

No obstante, a pesar de que Humboldt era un romántico que buscaba la unidad de la naturaleza, no descansaba solo en la introspección sino en la búsqueda rigurosa de los hechos—tendencia que lo distinguía de sus colegas intelectuales.¹⁹² Aunque hoy no estaremos en acuerdo con la lógica de su argumento sobre la extraña correlación entre el clima y el nivel económico de las sociedades, se basaba en una correlación comúnmente aceptada hoy día.¹⁹³ Se pueden explicar estas dos tendencias aparentemente contradictorias en el paradigma humboldtiano, el romanticismo y el empiricismo, al revisar sus datos biográficos.¹⁹⁴ Su búsqueda por la unidad del mundo lo llevo a una intensa recopilación de todo tipo de datos sobre la América Latina colonial.

Descripción de viajes: aventuras y criaturas exóticas

Los viajes de Humboldt por el norte de América del Sur están tan llenos de ciencia como de aventura y es fácil explicar el porqué de la fascinación que Darwin tuvo con respecto al libro de Humboldt. Los animales eran tan exóticos y tan diferentes a aquellos de Europa, que también constituían gran parte de la aventura científica.

En varias ocasiones, Humboldt y su compañero Bonpland se encontraron al borde de la muerte. Los llanos de Venezuela, llanuras sin árboles como las pampas de Argentina, tenían poca agua. Durante el tiempo de sequía los crocodilos tendían a “hibernar” en un estado catatónico dentro del lodo, hasta ser reanimados una vez más por la época de lluvia. Una noche,

cuando dormían en sus hamacas, se sintió una gran conmoción y al perro ladrando. Resultó que había un cocodrilo hibernando en el suelo debajo de los bancos usados por los asistentes para dormir. Cuando se levantó por la actividad nocturna del grupo, trató de atacar al perro. Al no alcanzarlo, se retiró a un pequeño riachuelo. Una noche, Bonpland y Humboldt también tuvieron que apagar una fogata porque atraía a los cocodrilos del río. En otra ocasión, Bonpland y él se lanzaron a un pequeño lago, cuando de repente escucharon a un cocodrilo meterse al agua. Salieron del agua lo más rápido posible. Humboldt menciona que la mayoría de las víctimas de cocodrilos tienden a ser mujeres, porque, al ir al lago para lavar la ropa, se convertían en víctimas fáciles.

Una de las ocasiones más impactantes para Humboldt fue mientras caminaba distraídamente cerca de la orilla del río. Inesperadamente, se encontró de momento frente a un jaguar, a solo unos pocos pasos de él. Con nerviosismo, dio la vuelta y caminó lentamente en dirección contraria; vivió para relatar el cuento. Cuando regresó al campamento, le contó el incidente a los indios guías, que no fueron sorprendidos por los hechos. Según ellos, debida a que hay mucha caza, los jaguares no acostumbran a cazar a los seres humanos, excepto cuando están hambrientos. Curiosamente, se rumoraba que los jaguares nunca habían atacado a alguien en una hamaca, la cama habitual de él y Bonpland.

Unos de los aspectos más fascinantes del viaje de Humboldt fueron los animales raros que describía, animales que para los europeos de esa época eran exóticos y poco conocidos.

Describió la piraña, un pez pequeño que atacaba en manadas de miles cuando caía sangre en el río. Al observar contundente presencia de las cicatrices en muchos indios, conduce un “experimento” cuando lanza un pedazo de carne sangrienta al río. Otros animales curiosos fueron las abejas de la montaña La Silla, abejas que no picaban y no podían volar, más semejantes a las hormigas que las abejas europeas como tal. Un día cuando estaba concentrado tomando medidas en un alto precipicio, “atacaron” a Humboldt al cubrirle casi todo el cuerpo, casi haciéndole perder el balance. Otro animal curioso fueron los pájaros guacharos, al que los indios cazaban para obtener manteca de cocinar. Estos pájaros vivían en la completa oscuridad de las partes más profundas de las cuevas, desarrollando destrezas parecidas a las de los murciélagos.

También describió la anguila eléctrica. Humboldt fue uno de los primeros en estudiar su anatomía, particularmente los órganos Hunter. Humboldt observa que su sistema eléctrico es tan grande como su sistema muscular y se pregunta cómo las mismas anguilas no se electrocutan a sí mismas en el agua. Descubrió que su piel crea una capa mucosa para mejorar el transporte de la carga eléctrica; cuando atacaban a los caballos, tendían a sobar la parte más baja del cuerpo principal del caballo, otra vez para aumentar el impacto de su carga. Algunos caballos morían, no por la carga como tal,

Rodrigo Fernós

sino que se ahogaban al ser inmovilizados temporariamente en aguas de poca profundidad.

Descripción de viajes: el medio ambiente ecológico

El entender el mundo de manera orgánica y unificada significaba que Humboldt era susceptible hacia la detección y entendimiento de aquellos cambios que ahora se llaman “ecológicos”. Pudo observar como la mano del hombre colonial afectaba el mundo natural, con consecuencias adversas a ambos.

Observando la reducción de las aguas del lago Valencia, se percató del impacto arboreal en lo que ahora se llama el ciclo hidrológico. Observó que las aguas del lago estaban retrocediendo debido a la deforestación local. Los árboles atenuaban el ciclo hidrológico que ayudaba a mantener una mayor cantidad de agua en el sistema local. Cuando las gotas de lluvia caían sobre las hojas de los árboles, no tocaban directamente el suelo, evitándose así la erosión. Al introducirse gradualmente al ecosistema, se disipaba lentamente de este. Parecidamente, al crear sombra reducía la temperatura, inhibían la evaporación rápida.

Humboldt también describe el la relación ecológica-humana con respecto a las tortugas del Orinoco y las ostras costales de Cumaná. En ambos casos, Humboldt calculó la producción relativa, determinando así el impacto negativo del cultivo excesivo. Los residentes literalmente consumían estas sin vista al futuro, con poca conciencia de su impacto en el ciclo reproductivo de los animales y, por lo tanto, el propio bienestar humano.

Por ejemplo, al saber que cada tortuga producía unos 116 huevos, una jarra se llenaba con 5,000 huevos, y que se recogían unas 5,000 jarras, Humboldt estimó que la población era de unas 330,000 tortugas que producían unos 33 millones de huevos en la Isla de la Tortuga. (Otros depredadores, como las aves y los jaguares consumían 1/3 de los huevos.) Si los misioneros católicos no hubiesen limitado la cantidad recolectadas, las tortugas se hubiesen extinguido rápidamente. Humboldt señala que las misiones irónicamente creaban una demanda por los huevos que suplían los indígenas, así irónicamente estimulando su sobrecosecha —sugerencia aplicable al mundo moderno.¹⁹⁵

Se podría comparar estos ejemplos con el de los pájaros de las cuevas de los guácharos. La colección excesiva estaba limitada por la inaccesibilidad a los pájaros en las partes más profundas en el interior de las cuevas. Humboldt notó que estos nutrían las poblaciones en la parte más accesible de la cueva, evitando así la despoblación, y la sobrecosecha, de su grasa para la cocina.

En el caso de las ostras de mar, el resultado es más lamentable. La cosecha de ostras para recoger perlas había azotado la población marina hasta el punto en que no se podían repoblar. Mientras que sólo una de cada 10,000

ostras produce una perla, cada barco podía contener unas 35,000 ostras.¹⁹⁶ Como un envase con una grande rotura, la cantidad de ostras rápidamente se vació de su envase ecológico. Para 1638 se habían extinguido en las costas de Cumaná. Al imaginar recursos ilimitados en su contorno ecológico, el hombre destruye lo que le rodea.

Descripción de viajes: la cultura hispánica

Al discutir el impacto humano sobre el medioambiente, Humboldt a su vez describe el mundo social. Aquí se puede obtener una idea sobre la cultura hispánica de la época y el nivel de su afán por lo que ahora llamamos la ciencia. Este da la impresión que la ciencia no era un tema de interés común; la cultura le otorgaba a la ciencia una baja posición en su esquema de valores.

En la isla de Tenerife (Islas Canarias), Humboldt encontró que los residentes locales no solían escalar el pico de Teide, observación que aparece con frecuencia en la descripción de sus viajes.¹⁹⁷ Tanto era así, que un lugar en la montaña se conocía como “Estancia de los ingleses”. La mayoría de los subían la montaña eran ingleses. Humboldt también observó que pocos subían la montaña La Silla. A pesar de la naturaleza majestuosa que los rodeaba, los hispanoamericanos y españoles tendían a ignorarla, prefiriendo una la vida más retirada de las ciudades. Aún más, estos eran más propensos a poner sus esfuerzos en una mina que laborar en la naturaleza vital que los rodeaba, algo que Humboldt no entendía. Señalaba que el esfuerzo humano en tierras tan fértiles tendría mayores recompensas que en las tierras infértiles de su Alemania natal. Aún cuando Humboldt, quien había estudiado en la Escuela de Minas de Freiberg en Alemania, les informaba a hispanoamericanos que no era muy probable que el oro existía en donde se buscaba, insistían en tratar de recrear ilusoriamente El Dorado mexicano.

Un dato comparable era que los hispanoamericanos de los llanos venezolanos no les gustaba hacer pozos de agua a pesar de la escasez del recurso. Humboldt estimó que había un acuífero a pocos pies de la profundidad y que podía usarse para fácilmente proveer el abasto. Sin embargo, relata que los estancieros se limitaban a beber de las podridas aguas de la superficie. Para evitar oler su mal gusto y olor, estos colocaban un pedazo de paño sobre el vaso, técnica que Humboldt se vio forzado a utilizar también.¹⁹⁸ Opinó que los hispanoamericanos preferían la vida domestica aburrida, tendiendo a evitar la fatiga; vivían para prolongar la vida, no para disfrutarla.

Observó también que el territorio más europeizado era La Habana, mientras que la ciencia en Bogota y México era la más avanzada de la región, refiriéndose en el primer caso a criollos como Francisco José de Caldas. El interés intelectual de Quito y Lima se orientaba más hacia la literatura que la ciencia. En general, los pueblos hispánicos no tenían un carácter científico. La influencia religiosa significó que estos tendían a mirar al mundo natural

Rodrigo Fernós

como misterioso, que revelaba las complejidades de Dios. Un caso en particular una “piedra del ojo” que se usaba para remover arena del ojo. Humboldt explicó que la piedra no era milagrosa sino un tipo de almeja. A pesar de sus esfuerzos, los ciudadanos rehusaban creerle.

Pero lo que comenta sobre la cultura hispana no es todo negativo. No condena sino trata de proveer un honesto cuadro complejo y multifacial. Este observa, por ejemplo, que el hispano no solía a ser tan elitista como el resto de Europa norteña. Predominaba un mayor bien sentir entre los ciudadanos. El mismo Humboldt se preocupaba de lo que pasaría a medida que la región fuese avanzando económicamente e “industrialmente”.¹⁹⁹ Se preocupaba que estos rasgos cambiarían a medida que las sociedades “maduraran” (modernizaran), al convertirse en sociedades más similares a las de Inglaterra, Francia, o Alemania.

Coherencia de la naturaleza: influencia en Darwin

Al leer la narrativa de Humboldt, es difícil obviar las similitudes con la narrativa de Darwin. Humboldt provió un imagen o ideal, que Darwin trató de recapturar en sus viaje. La vívida descripción de los terremotos, su análisis de animales exóticos por medio del contenido de sus estómagos, el descubrimiento de fósiles gigantes, sus experiencias en los llanos de Venezuela se reflejan en la narrativa de Darwin. Parece que, para este, las Pampas de Argentina eran lo mismo que los llanos de Humboldt. El antecesor sirvió como figura cuasi-paternal imaginativa, y fue en estas pampas Darwin descubrió su identidad masculina. Si Humboldt abrió al pájaro guaragucho para verificar si comía nueces, Darwin abriría un pulpo para estudiar su dieta. Si Humboldt vivió diariamente los terremotos en la región de Perú, la experiencia de un terremoto dejaría una viva memoria en la mente Darwin. Si Humboldt descubrió huesos gigantes, lo cuales atribuyó ser fémures de elefantes gigantes, Darwin descubriría los gigantescos huesos de un antiguo ozo bezudo.

Pero parece que Humboldt le proporcionó algo más importante que una fuente de imitación. Humboldt le proporcionó la estructura básica de las ideas sobre la que Darwin crearía su teoría de evolución poco después de regresar de su viaje en 1835, interpretación no-común sobre el origen del darwinismo.²⁰⁰

Una de las similitudes más interesantes resta en la falta de fósiles intermediarios. Uno de los problemas de la teoría de la evolución era la falta de fósiles que conectaban diferentes etapas del desarrollo de las criaturas, algo que Darwin dejaría a futuras generaciones resolver. Humboldt trabajó con un problema parecido desde el punto de vista humano. Observó que no había evidencia de etapas intermedias entre el desarrollo de las tribus indígenas a los grandes estados de precolombinos, como los incas. Humboldt utilizó esto como indicación de que los orígenes de todos estos grupos provenían del Asia,

por medio de lo que ahora llamamos Alaska. Es decir, Humboldt, al carecer evidencia de un desarrollo interno, recae en un proceso de difusión —una idea que Darwin usaría más tarde.

Humboldt, al igual que Lyell, ayudó en proveerle una imaginación geológica a Darwin, elemento intelectual importante en la creación teórica de la evolución. Es decir, al mirar un pedazo de tierra, Humboldt no veía solamente lo que existía y superficialmente veía, sino que también imaginaba como se pudo haber visto hace miles de años. Humboldt, al igual que Darwin, no se deja engañar solamente por lo que ve, sino que usa evidencia indirecta para imaginar condiciones diferentes a las que corrientemente existen. Se fijó, por ejemplo, en la existencia de un mar antiguo debido a la existencia de ciertos minerales. La creación de la evolución biológica requiere, como una de sus bases fundamentales, esta imaginación basada firmemente en la evidencia indirecta.

Humboldt también utilizó la forma biológica para determinar la función biológica; sin saber la función, la estructura de una especie dice mucho sobre cómo la especie vive. Por ejemplo, al estudiar los pies y los picos de los guarachos, Humboldt observó que no comían insectos sino semillas; el análisis de los contenidos estomacales verificó su hipótesis. Aunque Darwin no usaría esta clave importante en sus estudios de los pájaros de las islas Galápagos, eventualmente se daría cuenta de su significancia para la evolución. Los picos de sus pinzones serían claves importantes para la adaptación a sus respectivos medio ambientes.

Pero quizás la influencia intelectual más importante de Humboldt fue establecer las prioridades investigativas de Darwin, asumiéndose así que Darwin internalizó las prioridades escritas por Humboldt. Clave del impacto de la filosofía unitaria de Humboldt fue identificar cómo las formas geológicas afectaban la vida biológica, al igual que cómo la vida biológica afectaba otras formas biológicas. Tales preguntas eran inherentes al esquema unitario. Como se ha establecido anteriormente, Humboldt trazó la relación entre la altitud y temperatura con el tipo de especie de esa región en particular. Aunque opinaba que la “distribución de las especies” es un misterio que el hombre no podía entender, explicó que los mismos efectos tienen que tener las mismas causas a través del planeta. Aunque Humboldt no se refiere a procesos geológicos, este forma un paradigma que Darwin claramente utilizaría en su formulación de la evolución, particularmente en la idea de la selección natural.

El problema de la explicación biológica humboldtiana era precisamente que no funcionaba al no ser universal; creaba lo que se podría clasificar como una anomalía en la visión unitaria del mundo natural. El hecho era que, como Darwin observó, los mismos climas y las mismas altitudes no creaban las mismas especies a pesar de tener estructuras parecidas. ¿Cómo explicar esta diferenciación? Humboldt se refería a la unidad de las especies a través del globo y, en este, sentido su formulación tenía sentido. Todos los animales marítimos tiene aletas, sin importar que se basen en estructuras muy

Rodrigo Fernós

diferentes, tal como el delfín o el tiburón. Pero aún así, si se acepta el modelo de Thomas Kuhn que postula que la resolución de anomalías llevan a progresos científicos (revoluciones científicas), entonces se puede ver el trabajo de Darwin como el desarrollo de la ciencia humboldtiana al clarificar estas dudas.

Si se acepta esta conceptualización histórica, también se puede notar que la culminación del darwinismo es en sí la culminación de la ciencia de Humboldt. Si la visión de Humboldt era la de establecer la unificación de la naturaleza, no hay mejor ejemplo que la evolución darwiniana al establecer la unidad íntegra del mundo biológico.

Conclusión

Humboldt influyó grandemente a Darwin; lo que no se ha establecido bien es hasta donde llegó esta influencia. Hubo similitudes que, si se hubiesen conocido y establecido una amistad cercana, hubiesen podido compartir e intercambiar experiencias comunes.²⁰¹ Los dos sufrieron mucho en sus viajes. Mientras que Humboldt perdió control neural de la mano izquierda al igual y fue desfigurado por la viruela, Darwin sufrió un tipo de enfermedad que lo debilitó por el resto de su vida. Algunos sospechan que Darwin quizás fue víctima de la enfermedad de Chagas, pero aún se ha confirmado.

Más importante aún, ambos compartieron la misma meta: la búsqueda de la unidad en el mundo botánico—un esquema que sirvió como modelo para el mundo biológico de Darwin.²⁰² Humboldt escribe,

Observaciones de las partes individuales de un árbol o la grama no se puede considerar solamente como la geografía floral. Es mucho más. Esta investiga las conexiones y relaciones que unen a todas las plantas entre sí, determinando en que tierras estas han de encontrarse, bajo que condiciones atmosféricas viven...y describir aquella parte de la superficie de la Tierra en el cual el manto es preparado.²⁰³

Capítulo 18

CHARLES DARWIN Y SU *VOYAGE OF THE BEAGLE*: PASOS HACIA UNA REVOLUCIÓN BIOLÓGICA

*En Inglaterra, cualquier persona que estima la historia natural disfrutará sus caminatas con gran provecho, al siempre tener algo que atraiga su atención; pero en estos climas fértiles, tan llenos de vida, las atracciones son tan numerosas, que uno casi puede tomar dos pasos.*²⁰⁴

—Charles Darwin (1839)

Charles Darwin (1809-1882) es uno de los grandes revolucionarios de la ciencia—a la par con figuras tales como Isaac Newton. Al publicar su libro *Origin of Species* en 1859, comenzó una revolución que culminaría en la década de 1940 con lo que ahora se llama la “Gran Síntesis”. Esta síntesis, creada por Theodosius Dobzhansky, T. H. Morgan, Hugo de Vries y otros, cambió el planteamiento de Darwin de ser solamente una hipótesis para ser establecida firmemente como un hecho del mundo natural. Estos unificarían la selección natural de Darwin con la genética para proveerle un mecanismo indudable a la teoría, que para el principio del siglo veinte había estado en un periodo de crisis. Su historia es un cuento poco conocido al nivel popular.

La alegación comúnmente hecha, que la evolución es solamente una hipótesis, no es una alegación muy conocedora de esta historia. El nivel hipotético el cual residía la teoría de Darwin en el pasado es fácil de entender, ya que en su época no existía tal cosa como la biología molecular y se desconocía las partes y procesos más intrínsecos del mecanismo biológico. Los instrumentos científicos de la época no eran lo suficientemente sofisticados como para explicar detalladamente su causa y efecto; el mecanismo biológico es sumamente complejo.²⁰⁵

Es importante señalar que Darwin no inventó el concepto de la evolución. Hombres como Jean Baptiste Lamarck (1800), Robert Chambers (1844), y hasta su propio abuelo, Erasmus Darwin (1794), ya habían propuesto la innovadora idea que las especies no eran entidades eternas, sino que estaban sujetas al cambio con el tiempo. La originalidad de Darwin no fue inventar esta idea, sino elaborar las condiciones que gobiernan este cambio biológico, al igual que proveer un sinnúmero de evidencia para establecerla como una idea viable. Simplemente le dió rigor teórico basado en un sistemático empirismo. Darwin argumentó que las especies cambiaban por medio del proceso de la selección, sea por el medio ambiente (la selección natural) o por

Rodrigo Fernós

medio de la preferencia sexual de la fémina (la selección sexual). Su teoría unificadora de 1859 daría comprensibilidad al mundo del ser viviente, como Newton lo había hecho para el mundo inanimado e inorgánico. Al igual, desalojaría al ser humano de su eje central en el esquema mundial bíblico. El hombre luego de Darwin no sería la culminación de los seres vivientes, sino otro ser viviente como todos los demás. El mundo no había sido hecho para el hombre después de todo.

El viaje

Entre 1831 a 1836, Darwin viajó en el barco de 90 pies y 13 pies de profundidad, llamado *The Beagle*, en el que se acomodaron 74 personas, docenas de instrumentos, equipaje, y un sinnúmero de especímenes coleccionados. Afortunadamente para Darwin, pasó un gran porcentaje del viaje en la tierra, particularmente en Argentina y Chile. De los cinco años de la expedición, pasó unos tres años en el *tierra firme*. En el último periodo del viaje, cruzó rápidamente el Pacífico, pasando por Tahití, Nueva Zelanda y Australia, para finalmente regresar a Inglaterra. Darwin aprendió tardíamente que no le gustaba navegar.

La mayor parte de la tripulación era joven. Su capitán, Robert Fitzroy, tenía solamente 26 años y la mayoría de los marineros eran menor de 30 años. El mismo Darwin tenía 21 años en 1831. Durante estas primeras semanas, Darwin sufrió de una vomitera constante. Poco después de salir, recibió una carta avisándole que su novia Fanny Owen se casó con un aristócrata, dejando a Darwin emocionalmente afectado por varios días. Tal era su condición pésima al inicio, que si el bote hubiese parado en la islas de Madeira, es casi cierto que Darwin hubiese abandonado su jornada. Los marineros del barco inicialmente pensaban que Darwin no completaría el viaje. Afortunadamente, el barco no pudo parar por clemencias del clima. Durante todo el viaje, Darwin nunca se adaptó a la vida de marinero, algo que quizás explica por qué este nunca viajó fuera de Inglaterra al regresar; había sido un genuino sacrificio.

Considerando su tremendo impacto histórico, es curioso señalar que el viaje casi no ocurrió, produciéndose de manera fortuita. Las autoridades navales le pidieron al profesor de Darwin, John S. Henslow, que les recomendaran un compañero científico para el capitán Fitzroy. Henslow consideró seriamente tomar la oportunidad, lo que no pudo por deberes profesionales y familiares. Este luego se lo ofreció a un amigo, Leonard Jenyns, el cual también lo rechaza ya que acababa de aceptar un cargo como pastor. Darwin fue la tercera opción, quien finalmente decidió a aceptar la invitación. De no ser todo, este luego tuvo que convencer su padre de permitirle ir y apoyarlo económicamente, argumentando que haría algo útil con su vida al regresar a Inglaterra. De no ser por otras influencias familiares, casi no le convence.

El viaje fue para Darwin el comienzo de una aventura tanto de vida como de pensamiento.²⁰⁶

Función

El capitán Fitzroy le había pedido a sus jefes que le proveyeran un compañero para el viaje ya que era un aristócrata con actitud temperamental y no se llevaba bien con sus marineros. (Darwin, en contraste, se llevaba tan bien con los marineros durante la aventura que le apodaron “*Philos*”.) Cuando joven, Fitzroy había sido adiestrado en las ciencias y parte de sus funciones como capitán era hacer medidas de longitud por todo América del Sur. Este viajaba con 21 relojes cronometrados con el tiempo de Greenwich, Inglaterra. Al conocer a Darwin, Fitzroy opinó que se iban a llevar bien dado su interés común en las ciencias.

Fitzroy facilitó los trabajos de Darwin durante el viaje y le asignaba un asistente cada vez que este iba a tierra—al igual que inculcarle el hábito de tomar notas el mismo día en la tarde, cuando la expedición todavía estaba fresca en su mente.²⁰⁷ El naturalista oficial inicialmente había sido el doctor Robert McCormick, quien pronto renunció a la expedición cuando Fitzroy empezó a enviar las colecciones de Darwin a Inglaterra. Al convertirse Darwin en el naturalista *de facto*, los demás marineros, muchos de los cuales también tenían interés en la historia natural, le ayudaron al proveerle materiales que habían coleccionado durante sus propias expediciones rutinarias por tierra.

Es importante destacar que Darwin no fue reclutado para el viaje como naturalista. Al principio, se autodefinió principalmente como un geólogo. Darwin leyó el libro *Principles of Geology* (1830) de Lyell en su viaje, lo que influyó grandemente su perspectiva de los cambios geológicos observadas durante sus exploraciones terrestres.

El racismo y los fueguinos

Aunque las teorías de Darwin luego fueron utilizadas posteriormente en el darwinismo social para justificar el racismo y la represión social, personalmente Darwin no era racista. Todo lo contrario. La primera pelea grande que tuvo con Fitzroy fue precisamente motivado por el tema de la esclavitud.

Darwin provenía de una familia que tradicionalmente había luchado por la abolición de esa institución, mientras que Fitzroy pertenecía a la antigua elite. La situación se produjo cuando el barco arribó en Brasil en el febrero de 1832, y Darwin no podía creer que la institución de la esclavitud todavía existiera. Este sentimiento se agudizó cuando un esclavo se agachó rápidamente pensando erróneamente que Darwin le iba a pegar, cuando solo se viro para hacerle una pregunta. A pesar de que Inglaterra había ilegalizado la

Rodrigo Fernós

exportación de esclavos en 1807, la práctica no cesó en América Latina por casi un siglo. A Fitzroy, la esclavitud no le parecía diferente al estado en que los sirvientes domésticos vivían.

El argumento entre los dos fue tan fuerte que Darwin casi regresa a Inglaterra. Al fin, decidieron aceptar sus diferencias y no comentar más sobre el tema. Más importante aún fue su realización durante el viaje sobre la unidad del hombre independientemente de la raza, que sirvió como estímulo para el desarrollo de su teoría de la evolución. En este sentido, las experiencias que tuvo con los indígenas de Tierra del Fuego fueron pasos importantes para su desarrollo intelectual.

Aunque los fueguinos no entran en la narración de Darwin hasta más de la mitad del viaje, estos habían estado en el barco desde el principio. Fitzroy los había recogido en el primer viaje del *Beagle* por el área. El capitán anterior se había suicidado, subiendo a Fitzroy en rango. Fitzroy quería civilizar a estos indígenas, llevándoselos a Inglaterra por tres años. A pesar de los nombres que les habían impuesto, se conocen sus nombres nativos: Yokcushlu (*Fuegia*), Orundellico (*Jemmy*) y El'leparu (*Minister York*). Hubo un cuarto viajero indígena que Darwin nunca conoció, ya que se murió de viruela. Fitzroy consideraba este último ser el más inteligente de todos.

Ciertamente la narración de su popular libro indica que Darwin no pensó mucho sobre ellos al principio, asociándolos con agricultores de Inglaterra. En los dibujos de la época que se conservan, puede observarse que se habían asimilado durante su estadía en Inglaterra. Jemmy, el más amigable de los tres, se asimiló tanto que estaba en proceso de perder su propio lenguaje, hecho sorprendente a Darwin al darse cuenta que la cultura había sido la causa del cambio, no la raza. Fitzroy había podido establecer un proceso de aculturización en los indígenas, que era difícil imaginar su estado social “primitivo” al principio. La comparación con la descripción de la tribu originaria sorprendió a Darwin. Aunque Jemmy señaló que su tribu no era tan primitiva como las demás, Darwin comentó que de hecho lo eran, enfatizando indirectamente la distancia cultural entre la sociedad inglesa y la fuegana. A estos últimos no les llamaba la atención la tecnología europea como la del barco el *Beagle*, sus mapas náuticos, los relojes o el compás, sino en las trivialidades más pequeñas como los botones y las telas de color. Mediante la aculturización de los tres fueganios, Darwin concluyó que la diferencia humana no se basaba tanto en diferencias raciales, sino en las culturales.

Darwin se había dado cuenta de la unidad como especie del ser humano, independientemente de que fuese un indígena, africano, o es maorí de Nueva Zelanda. De esta conclusión, surgieron preguntas más generales que no publicó en sus *Narrativas* del viaje. Si el hombre europeo estaba mucho más cercano al indio o al africano de los que se pensaba, ¿no estaría la raza humana más cerca a los simios? Notando su posible impacto, guardó este pensamiento a sí mismo.

El empirismo de Darwin: la geología y la zoología

Pero sus experiencias con los indígenas de Tierra del Fuego no fueron las únicas que los impresionaron a Darwin. De su *Narrativa*, es obvio que Darwin estaba al tanto de lo que escribía en la época, al igual que era un buen observador. Darwin cita a varios autores: Charles Lyell, Alejandro Humboldt, Sir Hans Sloane y Georges Cuvier entre otros. Quizás una de las personas que más influyeron a Darwin en cuanto a las posibilidades y alcance del viaje habían sido Humboldt, quién había recorrido por las Américas.

Cuando Darwin terminó de escribir su libro *Narrativas*, le envió un ejemplar a Humboldt, quien lo felicitó profusamente por la alta calidad del escrito, uno de los momentos más felices para Darwin. La única crítica fue que le había dado poco énfasis a los especímenes botánicos. Al igual que Humboldt, Sloane había sido un naturalista que exploró las Américas, en particular a Jamaica durante el siglo XVII. El doctor Sloane había fundado el Museo Británico de Londres, uno de los archivos más impresionantes de la civilización humana. Pero quizás quien influyó a Darwin más directamente fue Lyell, quien le dio una nueva perspectiva para observar al mundo.

Lyell escribió *Principles of Geology* entre 1830 y 1833, poco tiempo antes de la partida de Darwin hacia América. Lyell desarrolló la teoría del “uniformatismo”.²⁰⁸ Su argumento era que las formas geológicas, como las montañas, se formaban de forma muy gradual y cumulativa. Las montañas crecían lentamente, desde ser colinas fácilmente caminadas para luego ser montañas de miles de pies de altura, imposibles de escalar. Aunque hoy en día la perspectiva popular quizás no vea esta teoría como una muy revolucionaria, sí lo fue para una sociedad que creía que la creación del mundo había ocurrido por eventos cataclísmicos de proporciones bíblicas. Pero, aunque Lyell había obtenido la presidencia de la Sociedad Geológica del Reino Unido, sus conceptos para entonces no tenía mucha acogida en el mundo académico. Después de todo, eran solamente “teorías”.

En uno de los capítulos más interesantes de su narración, Darwin observó directamente los procesos de crecimiento gradual (*uplift*) encontrado en las teorías de Lyell. Con esta descripción, Darwin proporcionó evidencia concreta de que tales procesos sí ocurrían, dándole un alto nivel de validez al uniformismo de Lyell. Es probable por esta razón que Lyell y Darwin se hicieron buenos amigos de por vida luego de la llegada de Darwin, a pesar de que no se había conocido anteriormente. Se podría decir que Darwin había sido el único lyellista de su tiempo.

Lyell había creado un contexto más amplio y un mecanismo más realista, que luego Darwin transferiría a la historia natural. Las dos teorías, el uniformismo de Lyell y la evolución de Darwin, tenían mucho en común. En ambas, por ejemplo, cambios graduales y minúsculos tenían efectos “cataclísmicos” al efectuarse por un largo periodo de tiempo, de millones de años. La lenta acumulación de cambios minúsculos a través de un periodo

Rodrigo Fernós

inmenso daba solo la apariencia de cambio abrupto al desconocer su historia. No deberíamos de subestimar el impacto de una idea tan simple. De manera parecida, Lyell le hizo dar cuenta a Darwin que aquellas cosas que se consideraban inmutables, tal como la tierra, cambiaban. Darwin escribe en sus *Narrativas*, que, “Un terremoto horrible de una vez destruye nuestras viejas presunciones: la Tierra, el símbolo emblemático de la solidez, se ha movido debajo de nuestros pies como una leve capa de liquido; un segundo de tiempo ha creado en la mente una idea extraña de inseguridad, que horas de reflexión no hubiesen creado”.²⁰⁹

Darwin no sólo ayudó al desarrollo del uniformismo, sino que también recibió un estímulo muy grande de ellos en el desarrollo de sus propias teorías. Es más, Darwin había asociado tan íntimamente estas ideas geológicas a las suyas, que podrían haber derrumbado su teoría. Si estas eran probadas ser incorrectas, temía que por implicación refutarían su selección natural. Tal había ocurrido con otros científicos estudiando especies en las islas de Madeira. Aunque estas proveyeron la fundación intelectual, Darwin luego tuvo que separarlas de la suyas para darles más longevidad intelectual.²¹⁰

Su narrativa demuestra cuan observador era Darwin sobre la fauna latinoamericana. Aunque estuvo muy enfermizo al comienzo del viaje, con su llegada a la isla de St. Jago, comenzó inmediatamente a trabajar. En una ocasión, Darwin estudia cuidadosamente un pulpo. Pensando que había descubierto nuevas propiedades del pulpo no descritas por Henslow en su narrativa, le escribe a Henslow informándole de las mismas. Este le notificó que estas ya se conocían. No obstante, el caso demuestra que Darwin es muy sistemático y cuidadoso en sus observaciones. Abre el estómago del pulpo para indagar sobre su dieta, algo que practica habitualmente con otras especímenes, como las iguanas de los Galápagos.

Antes de su viaje, Darwin compró un microscopio, que usó constantemente durante sus investigaciones. También se ocupó de reunir una amplia colección de pequeños ejemplares de organismos marítimos que recogió utilizando redes que pasaban sobre la superficie del mar. Darwin observó que el alga marina crea su propio ecosistema, uno tan complejo y variado que, si estas plantas desaparecieran muchas especies también desaparecerían. Parecidamente, la destrucción de la naturaleza por el hombre en las islas de Capo Verde, que unos años atrás habían tenido un manto completo de bosque silvestre, es notada por él. Uno de sus grandes descubrimientos fue el de fósiles masivos de grandes organismos, particularmente de animales similares a los existentes hoy en día, pero que ya extintos: fósiles como del gran *megatherium*.²¹¹

Un dato poco conocido es que Darwin envió un gran numero de cajas con especímenes a Inglaterra, todas dirigidas a Henslow. Estas se acumularon tan rápidamente, que Henslow tuvo que alquilar un cuarto en la universidad para almacenar las constantes adiciones a las colecciones. Darwin desconocía que Henslow estaba expandiendo favorablemente la reputación de su

estudiante, asegurándole una buena recepción en el mundo académico de Inglaterra a su regreso.

Los descubrimientos de estos fósiles llevaron a cuestionamiento que, combinados con otras observaciones de animales vivos, estimularon sus ideas sobre la evolución. Era obvio que algunos de estos fósiles eran animales parecidos a los que Darwin observó en su viaje, como el gran oso bezudo o *megatherium*, del que se desconocía su paradero. ¿A donde habían ido, y por qué no se veían en el presente? Darwin también se percató que dos tipos diferentes de avestruces existían en Argentina, y que vivían en diferentes áreas geográficas sin mezclarse. Se cuestionó si el nuevo armadillo se apropió del territorio del otro; no lo entendía. En Brasil, observó que el nicho que ocupaba el escarabajo carnívoro en Inglaterra es ocupado por insectos como la avispa, algo le parece muy curioso. Una de las áreas de mayor interés para Darwin en su época de estudiante había sido los escarabajos. Estas curiosas observaciones sobre la distribución de especies le inquietaron más cuando viajó a las Islas Galápagos. Estas y un sinnúmero de otras observaciones lo llevaron a darse cuenta de las particularidades de la distribución de animales.

El viaje a las Islas Galápagos fue una experiencia particular para Darwin y que lo dirige en su línea de investigación particular. Observó la peculiar distribución de muchas especies, tales como las tortugas gigantes, como en otros lugares. Pero, en comparación con la distribución de especies al subir una montaña, las diferentes especies todas vivían en condiciones parecidas. Como se pregunta en su narrativa, ¿por qué existen diferentes especies a pesar de vivir en el mismo clima? De acuerdo con los postulados de la teología natural, a la cual Darwin se suscribía al comenzar el viaje, esto no tenía sentido. ¿Si Dios creó cada criatura para que fuese perfecta dentro del medioambiente donde vive, por qué no las creó todas iguales en estas islas de ambiente homogéneo? No le hacía sentido.

A la misma vez, la observación sobre la distribución de especies en el continente había sido muy particular para Darwin. Antes de arribar a las islas, Darwin no podía concebir cómo era que dos especies de aves como el avestruz de América, podían ocupar dos diferentes lugares sin barreras geológicas. En otras palabras, Darwin no podía entender cómo la falta de barreras geológicas o climatológicas podía generar a dos diferentes tipos de especies.

En las Islas Galápagos, encontró distintas variedades de lo que creía eran una misma especie, lo que también le resultó curioso. No fue hasta que regresó a Inglaterra que su amigo, el biólogo Gould, le informó que los pinzones pertenecían a especies diferentes. En su narrativa encontramos que el gobernador de las islas afirmó que podía reconocer el lugar de origen de una tortuga al ver la forma de su caparazón. Darwin consideró el comentario como interesante, lo anotó y se lo llevó a Inglaterra para meditar más profundamente sobre las implicaciones de este hecho.

Conclusión

Rodrigo Fernós

El viaje de Darwin por América del Sur no sólo cambió su vida, sino que ayudó a crear una revolución en la biología.²¹² Aunque Darwin no crearía sus propios conceptos sobre la evolución hasta que regresaría a Inglaterra, estos proveyerón la base de datos sobre la cual fundaría sus ideas. El viaje le proporcionó el estímulo y le ayudó a formar preguntas que el mismo contestaría pocos años después. Para 1842, seis años después de su viaje, Darwin escribió su primera versión de la evolución. Entre 1842 y 1859, éste no solamente fue estableciendo su reputación como biólogo, sino también fue experimentando e incorporando datos que le daría una validez casi incuestionable sobre la realidad de sus nuevas ideas. La selección natural no sería una mera idea sino un hecho de la naturaleza.

Capítulo 19

LA SELECCIÓN NATURAL Y EL DARWINISMO EN AMÉRICA LATINA

*Nada en la biología hace sentido, excepto cuando
observado a la luz de la evolución.*²¹³

—Theodosius Dobzhansky

Darwin no inventó sus ideas de la nada; estas tuvieron profunda influencias de la tradición intelectual al igual que del mundo social en que el vivía. El hecho de que pudo efectuar el viaje tuvo que ver con el ascenso tecnológico y militar de Inglaterra durante el siglo XIX, llamado el siglo británico. La expansión de esta nación por todo el globo la llevaría a controlar casi dos terceras partes de la Tierra. De forma parecida, la tradición intelectual que precedía a Darwin sirvió como una caja de ideas que este verificaba, observaba, aceptaba o rechazaba en su jornada intelectual. Ya se han visto algunas, tales como el uniformismo de Lyell que tanto le afectó.

No se puede decir que Darwin elaboró sus ideas de otro pensador; su concepto de la selección natural fue original, al igual que su redefinición de otros aspectos de lo que ahora se conoce como la evolución. Pero este trasfondo nacional le proveyó el contexto a sus ideas; solamente en este contexto es que se puede juzgar su originalidad al igual que explicarlo. El contexto no crea ideas, pero ayuda a explicar las dinámicas particulares de su desarrollo, no importa de que nación provengan.

Trasfondo intelectual

Versiones populares presentan a Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, mejor conocido como Lamarck, como antecedente a Darwin y oponente a George Cuvier. Pero la actual historia intelectual del tema es más complicada de lo que se tiende a caracterizar. Aunque ahora se conoce a Lamarck por la idea de los rasgos heredados entre las generaciones, esta idea era secundaria en su esquema evolutivo general. Lamarck, en su *Philosophie zoologique* (1809), opinaba que las especies que existen se habían desarrollado en diferentes puntos del pasado por medio de cambios en el sistema nervioso. Pero la estructura de Lamarck no se basaba en un árbol genealógico como el de Darwin, sino en una serie de evoluciones paralelas. Una vez que una especie se creaba, no cambiaba a otra forma; al contrario que Darwin, los animales no tenían un origen común. Durante mayor parte de su vida, Lamarck creyó en la inmutabilidad de las especies.

Rodrigo Fernós

Inversamente, aunque Cuvier siempre se opuso a la idea de la evolución, fue quien estableció la estructura intelectual que ayudaría su aceptación. Cuvier ahora se reconoce por la división básica que hizo de los animales: los vertebrados y invertebrados. Conocía los fósiles tan bien, que podía recrear un animal de ellos, lo que ahora se hace rutinariamente en los museos, al igual que aceptaba la gradual complejidad de estos en el sedimento.

Pero Cuvier argumentaba en contra de la evolución porque este entendía la complejidad de las partes del cuerpo biológico, tal como el ojo, complejidad que pensaba no podía alterarse con los cambios en el medio ambiente. Las diferentes estructuras anatómicas eran demasiado interdependientes para permitir cambio en una sin alteración en las demás del cuerpo. Irónicamente, es por esta razón que Cuvier aceptó que las especies podían extinguirse, mientras que Lamarck nunca dio validez a esta idea. Debido al papel que tomo la extinción en la teoría darwiniana, es difícil decir cuál era su “opponente” y cuál era su “amigo”. Ciertamente Cuvier señaló complejidades, que no se resolverían hasta fines del siglo XX.²¹⁴

Es irónico que una revolución científica hubiese originado en una sociedad religiosa que tanto se afiliaba en la idea que la naturaleza reflejaba el plan de Dios. Gran parte los naturalistas británicos de la época creían en la teología natural, lo que explica por qué una gran mayoría de estos también ocupaban posiciones en la iglesia. El mismo Darwin había empezado con estas creencias y, a medida que su teoría maduró, se distanció de la religión. Irónicamente, Darwin vivió como un vicario, un cura del pueblo, con funciones muy parecidas en su comunidad local.

La idea principal de esta filosofía religiosa, como vista en William Paley's *Natural Theology*, es que Dios había creado a las criaturas perfectas de acuerdo con su medio ambiente. Existía una armonía entre las partes de las criaturas y el uso que les daban. Por ejemplo, los colmillos del tigre los dejaba cazar en la jungla, la ballena con un cuerpo apropiado a las grandes profundidades del mar, etc. Dios era un relojero perfecto que creaba “relojes” de la naturaleza con partes perfectamente compatibles una a la otras, no tan solo dentro del cuerpo animal sino entre los mismos animales. Un problema que surgía era que, si Dios le había otorgado tanta armonía a los animales, ¿por qué se encontraban especies en los fósiles que ya claramente no existían?

El esquema de la naturaleza que esta filosofía elaboraba, llamado la “gran cadena del ser”, también tenía los mismos problemas.²¹⁵ Se alegaba que, al igual que existía la armonía entre las partes de un animal y su medio ambiente, también existía la armonía entre todos los animales, que creaba una perfección en el estado de la naturaleza. Por ejemplo, el ratón se come el maíz, que es cazado por la víbora, que es cazada por el águila, y así sucesivamente. Pero tal esquema intelectual tenía problemas explicando las especies que ya no existían. Si formaban un círculo o escalera jerárquica, ¿cómo se explicaba la extinción de un grupo de animales? Si los lazos entre las diferentes especies y su medio ambiente era tan perfectamente ligadas, la caída

de un grupo tendría repercusiones a través de toda la cadena. La cadena fácilmente podría caerse, y por lo tanto una muy imperfecta y débil.²¹⁶

Un elemento que antecedió las ideas de Darwin, y que afectarían su difusión en países católicos como Francia y aquellos de América Latina, era la existencia de un tipo de platonismo en el ambiente intelectual. Platón, en comparación con Aristóteles, argumentó que todos los objetos eran imitaciones de las formas ideales que existían en un plano fuera de la experiencia común. A pesar de que podía haber miles de sillas diferentes, todas compartían una “esencia” que reflejaba el mundo de las ideas del cual originaban. El concepto de la gran cadena del ser suponía que todos los tipos de animales se basaban en un tipo “ideal”, que nunca cambiaba a pesar de la constante reproducción. Del mismo modo, la filosofía francesa, que afectó la difusión del darwinismo en América Latina, alegaba que los animales se desarrollaban por causas internas a sí mismos.

El desarrollo deductivo de estas ideas llegaban a implicaciones que ahora se clasificarían como absurdos. Por ejemplo, como se creía que el mecanismo biológico no podía crear una nueva entidad biológica, se decía que la madre (o en algunos casos el padre) ya contenía dentro de sí el cuerpo humano completo. El desarrollo del feto consistía solo en añadirle más materia para su crecimiento, algo parecido a lo que le ocurre a un niño que crece rápidamente al ser alimentado en su infancia. Lo absurdo de esta idea se hace clara al notar sus implicaciones. La abuela tuvo que haber tenido el huevo de su nieta dentro de ella, al igual que la bisabuela y la madre de esta, y así consecutivamente a través de las generaciones. Cuando se sigue la lógica, se llega a conclusiones absurdas, como que todas las formas futuras del ser humano tuvieron que estar en el primer ser humano—una idea que se consideraba seriamente durante el siglo XVII. Esta idea del desarrollo motivado por causas internas al animal, quizás en una forma un poco más sofisticada, fue prominente en Francia, particularmente bajo la influencia de Claude Bernard.

The Origin of Species de Darwin

Darwin cambió estas ideas con la publicación de su libro, *Origin of Species* en 1859. Podríamos caracterizar su conceptualización de las especies como aristoteliana, en el sentido de que no eran absolutas e inmutables, sino que cambiaban por factores externos a ellas. Rechazó la definición de la especie basado en un ideal platónico al redefinir la conceptualización de las especies basado en la idea que la especie era una colección de individuos que solo podían reproducirse entre sí, y no con miembros de otro grupo parecidos a estos. Más importante aún, Darwin sostuvo que el mundo natural no se regía por la armonía como alegaba Paley sino por el conflicto y la competencia.

Aunque algunos ya señalaban este hecho, lo que ahora se conoce como “la naturaleza roja en dientes y garras”, Darwin no se refiere a la

Rodrigo Fernós

competencia entre dos diferentes especies sino a la competencia entre individuos dentro de una misma especie.²¹⁷ La mayor causa de la extinción no era la relación entre el depredador y la presa sino la competencia entre diferentes variaciones de la misma especie por los escasos recursos naturales que los rodeaban.

De misma manera, Darwin sostuvo que la evolución no se dirigía a algún objetivo, o hacia el hombre como sostenía la teología natural, sino que la evolución por medio de la competencia en el cual las especies se reajustaban constantemente a los cambios en su medio ambiente o a aquellos cambios que surgían en sus rivales. Era un proceso sin fin. La evolución no necesariamente se dirigía hacia algún predeterminado propósito. Algunas especies cambiaban a formas más simples de orígenes más complejos; su fin no estaba predeterminado.

Darwin sugerían no solamente que el hombre no era la cima de mundo natural como previamente se alegaba, sino que también no había sido creado por Dios, blasfemia idea al pensar católico. Fue una revolución intelectual al cual algunos la llaman “la caída de Adán”. La idea principal e innovadora de Darwin fue demostrar cómo podrían surgir nuevas especies: la selección natural.

Una población de animales, una “especie”, no consistía de individuos idénticos entre sí sino de individuos con pequeñas variaciones de parecidos rasgos. Si se dibuja una gráfica de estas variaciones, estos demuestran una curva gaussiana.²¹⁸ Por ejemplo, si se toma la medida de todos los estudiantes de una universidad y se agrupan por altura, la gráfica demostraría una curva gaussiana: van a haber unos pocos que son muy altos, sea de más de 6’3” de altura, otros pocos que sean más pequeños que 5’, mientras que la mayoría estará en un promedio entre 5’ a 6’. Similarmente, se puede dibujar una curva gaussiana con respecto al tamaño de los picos de los pinzones de las islas Galápagos y se generaría la misma gráfica.

Como Thomas Malthus enseñó, surge una competencia por los recursos locales. Aunque todas las poblaciones se reproducen de forma exponencial, el crecimiento de sus recursos alimenticios crece en forma aritmética.²¹⁹ Por lo tanto, una población va a tender a expandirse más allá de los límites de recursos disponibles, lo que pone un freno a este crecimiento. Sólo algunos individuos se podrán apoderar de estos recursos, mientras que otros van a tener limitaciones, lo cual afecta su viabilidad reproductiva. Sin poder alimentarse adecuadamente, no van a poder alimentar a sus crías. Por lo tanto, cualquier factor genético que le de una ventaja a un animal de la misma especie sobre otro, lo llevará a obtener más recursos y, a la vez, mejor capacidad de reproducción. Esta mayor capacidad de reproducción significa, a su vez, una alteración de la curva gaussiana donde el punto medio se mueve hacia la dirección de esa capacidad, sea de mayor altura humana o de pico más corto, de acuerdo a las circunstancias. El concepto principal de la selección

natural describe el mecanismo de cambio en la distribución genética de una población .

Por ejemplo, supongamos que una pareja de pinzones es accidentalmente llevada a una isla de los Galápagos en una tormenta tropical. También supongamos que la mayoría de su fuente nutricional-calórica consiste de insectos que se encuentran en las ramas de los árboles. Al principio no hay competencia debido a la carencia de otros pinzones; sin depredadores, estos se reproducen rápidamente en la isla. La mayoría de la población al principio tendrán picos largos, debido a que se les hace fácil alcanzar esos insectos que viven dentro de la madera podrida con picos largos que pequeños, aumentando así sus recursos calóricos. Pero, al multiplicarse rápidamente porque no tienen depredadores, estos rápidamente sobrepasan el nicho disponible donde el número de insectos no es suficiente para alimentar a la creciente población, creando así una presión de la selección natural.

Si uno de los nuevos individuos nace con un pico más corto, tendrá una ventaja en esta situación debido a que va a poder utilizar fuentes alimenticias que sus primos no pueden usar: las semillas duras. A medida que este pájaro se va reproduciendo en un nuevo nicho alimenticio, aumenta el número de pájaros con picos pequeños relativo a los demás en la población, modificando la distribución y forma de la curva gaussiana. Si llegase a ocurrir que una tormenta destruyese árboles con insectos que alimentan a los pájaros de picos largos, la curva de la población predominante se movería desde los picos grandes al de los picos pequeños. En efecto, se observó en la década de 1980 una situación muy parecida en los Galápagos con la apariencia del El Niño, que creó cambios atmosféricos, así dando a cambios de recursos alimenticios, y luego a cambio de las características físicas de las especies de pinzones en las islas. La selección natural de Darwin es tan real como los animales que esta afecta.

Darwin señaló que el proceso no era tan raro o inusual como algunos quisieran interpretarla. La selección natural opera de manera análoga a la selección artificial operada por el hombre. Los criadores de pájaros y perros han podido cambiar las formas originales de las especies como si fuesen pedazos de cera. Aunque los criadores no pueden introducir variaciones en los animales, pueden utilizar los cambios observados (creados por mutaciones al azar) para dirigir la especie a una dirección particular, determinados por ellos. Tomando en cuenta que ciertos perros son más pequeños o demuestran ciertos tipos de comportamientos, mezclan solamente estos perros para aislar tales característica en la próxima generación, creando así perros más pequeños y sumisos, o más agresivos y grandes. Aunque todas las razas de perros provienen del lobo domesticado, por medio de la selección artificial el hombre ha podido crear algo muy diferente de su forma original: el chihuahua. En efecto, los criadores han actuado como “la mano de Dios”, bajo la interpretación de la teología natural.

Rodrigo Fernós

De manera similar, Darwin demostró que la selección natural tiene la misma función en la naturaleza, afectando el desarrollo de las especies hacia nuevas formas. Aunque al principio sólo se desarrollan cambios pequeños o variaciones al aspecto físico del grupo poblacional, creaban en si especies incipientes.²²⁰ Gradualmente las diferencias de forma y comportamiento aumenten entre los dos grupos, hasta el punto que no se pueden cruzar sexualmente. A tal punto, se crea una nueva especie, por definición.²²¹ Tales cambios afectan no sólo la forma exterior del animal, como el color de su pelo o el largo de su nariz, sino la parte interior y más íntimas: la densidad del hueso y hasta la misma personalidad o carácter del animal. Esto es un proceso que ocurre cuando se encuentran tres factores: la competencia, la variabilidad y la herencia.

La difusión y recepción del darwinismo en América Latina

La exposición al darwinismo de América Latina ocurrió principalmente por parte de profesores extranjeros, la mayoría proveniente de Alemania. Es sorprendente cuán temprano se discutieron estas ideas, a pesar que su difusión en la práctica científica no se sintió por más de dos décadas.

Rodolfo A. Philipi, por ejemplo, fue el primero en discutir en Chile el darwinismo en 1866, aunque se mantuvo neutral con respecto a la validez de la teoría. Otto Wucherer, un parasitólogo alemán quien trabajaba en la Facultad de Medicina brasileña, discutió el tema el mismo año, mientras que Adolfo Ernst, un naturalista alemán lo discutió el año siguiente en Venezuela. Para la década de 1870, Teodoro Wolf discutió el tema en Ecuador. La predominancia alemana quizás se debe al hecho de que Alemania había sido uno de los primeros países europeos en aceptar el darwinismo, en comparación con Francia o España donde fue fuertemente rechazado. Es más, una de las primeras contribuciones a la teoría vino de un naturalista alemán que trabajaba en Brasil, Fritz Müller quien escribió *Facts and Arguments for Darwin* en 1864, el cual se tradujo al inglés como sugerencia del propio Darwin. A pesar de estos numerosos ejemplos, no se puede decir que el darwinismo se difundió rápidamente por América Latina.

Quizás es ilustrativo el hecho de que, cuando en 1868 Felipe Poey discutió por primera vez el darwinismo en Cuba, el gobernador le prohibió la enseñanza de la teoría. La razón era que Poey la estaba usando para argumentar la igualdad del hombre mientras que Cuba todavía era una sociedad esclavista y colonial. Al igual que el gobernador cubano, el mismo Dom Pedro II en Brasil, también rechazaba la teoría, aparentemente afectado por la influencia intelectual francesa. Aún así, su rechazo no había sido basado en razones científicas sino por sus implicaciones sobre la naturaleza del ser humano. Las ideas científicas podían ser demasiado peligrosas para sus intereses económicos.

El mundo hispánico al principio no “entendió” la teoría de Darwin, incluso aquellos que la estudiaban. No se consideraba como una teoría biológica sino una que tendía a aplicarse a las ciencias sociales, tales como la psicología, sociología, y hasta la ley. Hay que señalar que algunos de los centros de difusión darwiniana más importantes no fueron clases de biología universitarias sino centros de leyes o de medicina. La versión que se acostumbraba a leerse no era la original de Darwin, sino su disolución en la filosofía de Ernest H. Haeckle, que, a pesar de sus afines con la teoría, no profesaba un darwinismo puro. La traducción del *Origen de las especies* en España se hizo bastante tarde, en 1876, cuando la idea ya se estaba difundiendo en diferentes foros.

Otro factor que también pudo haber afectado negativamente la difusión del darwinismo fue el estado atrasado de la biología de la región. En México, por ejemplo, la falta de estabilidad política y de instituciones científicas atrasó su adopción hasta 1910. Aunque algunos científicos difundieron arduamente el darwinismo, tales como Poey en Cuba, parece que la mayoría de los que adoptaron un paradigma darwiniano eran extranjeros que iban a América Latina para practicar la historia natural, como Richard Spruce, norteamericano que vivió en el Perú y Ecuador durante la segunda mitad del siglo diecinueve. Cuando un biólogo peruano, Carlos Monge, adoptó el darwinismo en 1940, ya la filosofía estaba bien establecida en fundaciones sólidas y rigurosas. La falta de estabilidad política en la región afectaba todas las ciencias, incluyendo la biología y en sí su comunicación con centros avanzados. Podríamos mencionar la Guerra del Pacífico entre Perú, Bolivia y Chile desde (1879-1883), la guerra de la independencia cubana (1868-1878), o la inestabilidad en México durante los años de 1860.

Debido a la fuerte influencia científica que Europa ejercía en América Latina, es importante observar la difusión del darwinismo en esa metrópolis. Contrario de lo que se esperaría, su tardía difusión a países como Francia y España no se debió a la influencia de la Iglesia Católica sino a otros factores de mayor complejidad. Se puede comparar la Iglesia en Francia con la de Italia. Mientras que en Francia la Iglesia no se opuso gravemente contra el darwinismo, hubo una protesta mayor en Italia. Irónicamente, el darwinismo se expandió en el segundo (Italia) pero no en el primero (Francia). Los biólogos franceses, influidos grandemente por las ideas sobre la dinámica interna del cuerpo de Claude Bernard, se oponían vigorosamente a la idea. Lo contrario ocurrió en Italia. En los contornos de su bota geográfica, no había preconcepciones tan fuertes en la biología debido a que esta se mantenía más a una tradición categorista. Se percibía al darwinismo como un paradigma complementario a la clasificación de las especies.

Por lo tanto, el factor determinante para la difusión del darwinismo no fue la religión sino la tradición científica de sus respectivos países, situación que se contrasta grandemente con la difusión del newtonianismo dos siglos anteriores.

Rodrigo Fernós

El caso de España es especial porque los biólogos estaban a la merced de la política nacional. Como grupo profesional, los profesores de universidades del estado no tenían autonomía en comparación con sus colegas en el resto de Europa. Los que profesaban las ideas darwinianas usualmente perdían sus puestos académicos, tales como Augusto González de Linares, Enrique Serrano Fatigati y Salvador Calderón que fueron destituidos en 1875. Afortunadamente, gracias a la existencia de instituciones marginales en campos profesionales, como la Institución de Libre Enseñanza, estos científicos pudieron encontrar trabajo. Tristemente, las ideas darwinistas no se rechazaban por razones científicas, sino al ser percibidas como pertenecientes a la ideología del grupo político opositor. No hubo una discusión civil en la que se argumentaba los meritos o problemas de la teoría, sino un clamor donde se juzgaba la teoría basado en el partido al que la persona pertenecía. Esta dinámica intelectual continuó hasta el final del siglo.

Al perder la Guerra Hispanoamericana, hubo un cambio drástico en el ambiente social e intelectual de España. Se reconoció que había que ser más favorable a la ciencia y se abrió la discusión pública al darwinismo y la ciencia el próximo siglo. Dentro de los discursos de graduación, elogios a científicos y otros eventos públicos, se aludió a Darwin y sus ideas de forma que no se hubiese podido hacer veinte años atrás. Dada la influencia española en América Latina, ha de esperarse que estas dinámicas también hubiese afectado a la región.

Aunque la semilla del darwinismo se plantó en el suelo intelectual de América Latina, desafortunadamente no encontró suficiente nutrientes para crecer de forma madura antes del final del siglo XIX.

Capítulo 20

EL POSITIVISMO: EN BÚSQUEDA DEL PROGRESO

La sociedad hace sus jornadas de etapa, como los ejércitos, pero no de un modo regular y en disciplina como estos, sino dolorosamente, rodeada de incertidumbres y de contradicciones, sin guías ni luz que marquen su paso y le muestren los escollos y las simas.

—José Vitorino Lastarria (1844)

Sería idóneo alegar que la filosofía del positivismo, adoptada por intelectuales y líderes políticos de América Latina como modelo de la modernización, estimuló una segunda ilustración en la región. Después de todo, la originalidad de Auguste Comte fue precisamente describir cómo las sociedades modernas habían entrado en un periodo de desarrollo al rechazar el pensamiento “teológico” y “metafísico” por el “científico”. Dada la prominencia de la Iglesia Católica en la región, y su influencia contundente a través de todas las etapas importantes en la vida del ser humano, esta filosofía secular se podía usar como justificación para restarle poder. Durante la segunda mitad del siglo XIX, el estado alteró sus relaciones con la Iglesia, quitándole parte del poder que tuvo durante el periodo colonial. La filosofía positivista ciertamente fue usada como justificación para lo que entonces se entendía como la modernización, proceso tan marcado y revolucionario cuando se miraba a países como los Estados Unidos y Alemania cuyo desarrollo económico por medio de la industrialización era indudable.

Desafortunadamente, el impacto del positivismo en la modernización de América Latina no creo una edad de oro. El positivismo tuvo una serie de contradicciones internas, al igual que conclusiones erróneas sobre la actividad científica e mentalidad modernizadora. Críticos severos como Thomas H. Huxley, llamado “perro de Darwin”, se referían al positivismo como el “catolicismo sin la cristiandad”. La mayoría de los propulsores latinoamericanos del positivismo no le prestaron atención a estas contradicciones, o quizás no se percataron de estas. No sorprende ya que procesos similares ocurrieron en Japón. La función y el papel jugado por el positivismo han sido mixto y contradictorio.

Auguste Comte

Rodrigo Fernós

Cuando se menciona el “positivismo” en la historia de América Latina, en la mayoría de los casos se está haciendo referencia a la filosofía de Auguste Comte (1798-1856).²²² ¿Cuál era la filosofía de este pensador francés?

Comte describe el proceso de desarrollo intelectual de las sociedades por medio de su rechazo de las previas etapas “teológicas” y “metafísicas” por la “científica”. El término “teológico” de Comte no refiere a la religión en sí sino a la antropomorfización del mundo natural, es decir, a la proyección de la psicología humana a este mundo. Tal señalamiento es parecido a los postulados en las obras del filósofo danés Søren Kierkegaard. De acuerdo a Comte, el pensamiento metafísico se caracteriza, no por la epistemología, sino por llevar el nivel de antropomorfización a un nivel más general y abstracto, a ciertas propiedades intrínsecas de los materiales—como las del vitalismo.²²³

Comte distinguía la tercera etapa científica como aquel pensamiento que no utiliza hipótesis. En otras palabras, lo único que se puede observar en la ciencia son una serie de eventos relacionados entre sí en el espacio temporal; aquellos que preceden a otros se le califican como causa, mientras que aquellos se tienden a ocurrir después de otros como efectos. Las esencias del mundo no son observables por el ser humano, sino sólo su aspecto superficial. Un ejemplo de esto lo es la ley de gravedad de Newton y su “hipótesis non-fingo”. Es decir, Newton no especulaba sobre qué consistía la gravedad—si estaba constituida de ondas o partículas. Lo único que quiso hacer fue crear una descripción matemática de su operación. La definición de la ciencia usada por Comte como tal no fue original, como el mismo reconocía.

Inmediatamente cabría preguntar si una filosofía de la ciencia se podía usar como modelo y justificación para proyectos de modernización nacional. Para contestar la pregunta, se tiene que dividir las dos etapas de las escrituras y vida de Comte. John Stuart Mill afirma que tenemos que distinguir entre sus primeros volúmenes titulados *Cours de Philosophie Positive* (1830-1842) y aquellos hacia el final de su vida titulados *Système de politique positive* (1851-1854).

En el primer periodo, Comte postuló una filosofía seria de la ciencia en la cual se encuentra lo descrito anteriormente. En la segunda, describió un sistema social aberrante basado en el establecimiento de lo que se podría llamar sacerdotes científicos que reinaban sobre la sociedad. Comte en efecto crea una religión sin dios y estipula como guía de la conducta social el altruismo, al costo de cualquier tipo de interés personal del individuo.

Los sacerdotes científicos seleccionarían sólo 100 libros identificados como apropiados, mientras que todos los demás serían quemados. Entre los libros no aceptados estaban los griegos, quienes Comte detestaba por su adicción a la especulación intelectual. Ningún individuo podría practicar la ciencia ya que estaba restringida solamente al pequeño grupo de “sacerdotes”. Sólo aquellas ciencias indispensables y útiles debían estudiarse. De la

astronomía, aceptaba sólo el estudio del sol, la luna, y la Tierra, pero no el de las estrellas dado a su opinión que no se podía saber nada de estas.²²⁴

Comte irónicamente se oponía a todo pensamiento abstracto, ya que, en su humilde opinión, promovía un sentimiento exagerado de orgullo en las personas (racionalismo cartesiano). Se oponía también a las pruebas matemáticas rigurosas porque incitaban desconfianza y hostilidad al grupo de sacerdotes científicos, un número limitado que practicarían la ciencia por un corto periodo de tiempo predeterminado anualmente. Comte opinaba que, la adopción de su propuesta crearía una sociedad que eventualmente se movería a una mayor valorización o idealización, de la autoridad de las generaciones anteriores.²²⁵

Como se puede observar, la filosofía de Comte consistía en dos partes muy diferentes. En la primera, una filosofía de la ciencia con un alto nivel de rigor y análisis y, la segunda, de la creación de una religión secular.

Desde un punto de vista psicológico, quizás se puede entender mejor el porqué de esta fuerte bifurcación en la vida de Comte. Su fascinación con la ciencia probablemente se debe a su adiestramiento en la Ecole Polytechnique cuando un adolescente. Es curioso que, al igual que Allan Kardek quien también llega a fundar una “religión científica”, obtuviera puesto como maestro en 1837, solamente para perderlo en el año revolucionario de 1848. En algún punto de su vida, Comte decidió no leer los periódicos y todo tipo de revista académica para no contaminar su mente con malas noticias. Otro evento importante en su vida fue la pérdida de su amada, Clotilde de Vaux, un año después de conocerla. Quizás fueron estos eventos—la pérdida de su trabajo, su amor y el aislamiento social—lo que le condujeron a la creación de una nueva religión.

Otros explican sus ideas como una reacción muy típica de épocas de cambios drásticos y significativos. Comte fue afectado durante su juventud por el tumulto restante de la Revolución francesa, al igual que un sinnúmero de cambios sociales en su país como la revolución industrial. Al igual que otros filósofos de su época y nación, Comte reconocía que su sociedad podía retroceder y, por lo tanto, necesita alguna fundación que garantizara la estabilidad y el orden social. El excesivo énfasis en la moralidad que hace su filosofía trata de reestablecer el orden perdido; parte de su ritual social consistía en la repetición del lema positivista, “*l’amour pour principe, l’ordre pour base et le progresse...*”. Estos elementos contradictorios producen un proceso de bifurcación en la filosofía positivista francesa.

Aunque la religión de Comte tiene algunos adherentes, rápidamente decae, mientras que la filosofía positivista se desarrolló en el siglo XX. El próximo exponente del positivismo fue el científico Ernst Mach, quien al fin del siglo XIX también argumentó que la buena ciencia carecía de la metafísica. Es decir, Mach argumentaba que la ciencia debería de experimentar solamente sobre lo tangible, y no sobre aquellas cosas sin manipulación táctil y física, propuesta rechazada por Albert Einstein quien veía a Mach como filósofo de

Rodrigo Fernós

baja categoría. Durante el siglo XVIII, William Whewell también atacó este punto de la filosofía de Comte. No era que los grandes científicos no tuviesen una metafísica, dice Whewell, sino que tenían una mejor estructura que integraban con su experimentación. No era mera especulación idónea.

El positivismo fue una filosofía tan popular durante el siglo XIX, que la argumentación de Whewell fue marginada, lo que dejó a la historia de la ciencia con una base pobre filosófica en América Latina para el principios del siglo XX. En Europa, esta filosofía fue desarrollada por el Círculo de Viena en la década de 1920. El grupo estaba compuesto por Otto Neurath, Rudolph Carnap y A. J. Ayer los cuales afirmaban que la distinción crucial entre la ciencia y la pseudociencia radicaba en que la ciencia se podía verificar al reproducir experimentos y comprobar la validez de lo que afirmaba sobre el mundo natural externo. Karl Popper, miembro de este círculo, rompió con ellos cuando señaló que una idea nunca se podía verificar propiamente. Siempre existía la probabilidad de que un experimento pudiese demostrar su falsedad. Por lo tanto, este crea su filosofía científica de la “falsedad”, que caracteriza la ciencia por ser una disciplina que permite la “falsificación” de sus ideas.

El desarrollo intelectual latinoamericano fue diferente al europeo.

El positivismo en América Latina, (1870-1915)

La filosofía positivista se convirtió en una filosofía extremadamente reconocida en América Latina, lo que nunca sucedió en los Estados Unidos. Se expandió rápidamente a través de todos los países, así dando un alto grado de popularidad a todas las cosas francesas. Las causas de su popularidad no son difíciles de entender.

El positivismo aparentaba proveer una explicación del atraso latinoamericano, al igual que presentar un programa de reforma compatible con el esquema de valores hispánicos. Algunos pensadores se imaginaban que la separación política de la región con España llevaría a un renacer latinoamericano, pero tal fue una idea pobremente concebida debido a la permanencia de las instituciones y cultura española, como la Iglesia Católica—una de las instituciones más visibles de su mundo. Si la separación política había creado estados sin rumbo, el positivismo durante la segunda mitad del siglo aparentaba proveer una contestación optimista y teológica. Los países hispanoamericanos eventualmente se moverían hacia la modernidad, a pesar de la oposición “teológica” y “metafísica”.

Otro factor que contribuyó al aumento en la popularidad de la ideología positivista fue su concordancia con los valores católicos de la región. Enfatizaba la moralidad y el orden social promovido por un autoritarismo elitista, aunque fueren al costo de los derechos individuales. El positivismo proveía una justificación y legitimidad social para la creación de un nuevo grupo social, comúnmente asociada al periodo de prosperidad en la región

basado en la importación y exportación de materia prima. Los positivistas pensaron que por medio de la educación podrían llevar a la región hacia la modernidad; la reforma de la educación sería clave para este proceso.

De acuerdo con Jorge Lagarrigue:

Cansados de toda teología a causa de nuestra educación en el Instituto Nacional y de la lectura de algunas obras científicas, nosotros flotábamos inciertos en una metafísica sin consistencia; y nuestro espíritu, habiendo perdido todo equilibrio, no podía acomodarse a esta situación; el aspiraba ardidamente a la verdad superior...Apenas hubimos recorrido los primeros capítulos [el *Cours* de Comte], horizontes extensos se abrieron a nuestra inteligencia maravillada y el mundo se nos apareció en su realidad esplendida. Desde ese momento, reina una completa armonía...ella nos ha hecho comprender los motivos de nuestros antiguos errores y de aquellos que continúan a reinar entre los hombres.

Los antecedentes ideológicos que prepararon el terreno para la aceptación del positivismo en la región se produjeron en la década de 1830, durante la cual reformadores como Domingo Sarmiento en Argentina y Andrés Bello en Chile teorizaban sobre el problema del atraso latinoamericano. Central a su enfoque era la falta de “civilización” en la región a pesar de sus antecedentes europeos, lo que produjeron reacciones y contestaciones mixtas. Para el exiliado escritor Juan Bautista Alberdi, la migración europea era la solución del problema, algo que irónicamente creó aún más problemas al transformar al criollo argentino de Buenos Aires en una minoría dentro de su propio país. Para Sarmiento, autor de *Facundo, entre la civilización y la barbarie* (1845), la educación era la clave para civilizar la cultura bárbara de las Pampas. El positivismo fue la ideología que se consideró apta para fomentar la modernización.

La reacción a grupos menos civilizados fue igualmente mixta. En Argentina la filosofía se utilizó como justificación para la exterminación de los indios; en México para expropiar sus tierras e integrar la economía local a la internacional por medio de la exportación de recursos primarios tal como el café o el henequén. En Brasil su implantación fue menos drástica con respecto a los grupos minoritarios. Como el positivismo no se expresaba con respecto a los grupos indígenas y primitivos, la reacción hacia estos fue diversa a través de la región.

Durante la primera mitad del siglo XIX, se aceptaron filosofías con características semejantes a las del positivismo, pero no eran incluidas dentro del mismo esquema. Una de estas fue el utilitarismo de Jeremy Bentham y

Rodrigo Fernós

John Stuart Mill cual, como el positivismo, enfatizaba el bienestar social como el propósito primordial, aunque usaba criterios diferentes a los de Comte. Esta similitud quizás estimuló a Mill, brillante intelectual, escribir su análisis muy detallado y riguroso sobre la filosofía de Comte. Otra filosofía fue la importación del socialismo utópico de Henri Saint Simon y Robert Owen, ideología producto de las reacciones a los excesos de la industrialización y que proponían la distribución común de la propiedad. La similitud de esta ideología con la filosofía positivista radica en el énfasis de un estado fuerte y dominante. Aparecen igualmente doctrinas religiosas que, parecida al positivismo de Comte, tratan de reconciliar el emergente “materialismo” con la visión espiritual del catolicismo.²²⁶ Dos filosofías con orientación religiosa de tal índole incluyen la promulgada por Christian Friedrich Krause, el llamado krausismo, y el espiritismo de filósofos tales como Victor Cousin o Hippolyte Leon Denizard Rivail, conocido como Allan Kardec. El espiritismo y los aspectos religiosos del positivismo gozaron de un alto nivel de popularidad en Brasil, donde se llegaron a formar iglesias positivistas.

A pesar del eclecticismo de las ideologías adoptadas durante la primera mitad del siglo, su totalidad incluían elementos que luego se unificarían en el sistema filosófico de Comte, un “sistema” filosófico semejante a la tendencia filosófica de siglos anteriores en el sentido de tratar de explicar el mundo en su totalidad. Hoy en día, pocas filosofías son tan ambiciosas, restringiéndose a áreas mucho más limitadas como la función del lenguaje. La popularidad de la filosofía comteana se puede explicar por su absorción de todos estos elementos juzgados por su audiencia como partes necesarias para de un modelo social.

El positivismo y la Iglesia Católica

Que la independencia de América Latina no conllevó necesariamente un nuevo orden social se debe en parte a la prominencia que la Iglesia Católica. Como el chileno José Balmaceda observó, esta dominaba todos los eventos serios en la vida del individuo: en su nacimiento al mantener un registro de bautizos, en su madurez con el rito ceremonial del matrimonio, hasta su muerte con la expectativa del derecho de *mortmain* en el que un tercio de la riqueza del individuo iba a ella. La Iglesia, como se ha señalado antes, creaba un segundo estado dentro del estado secular; era tanto banco, como escuela, juez, policía y comerciante. Para cualquier proceso de modernización, el estado secular tenía que atacar los cimientos de este segundo estado para librar el individuo de su encarcelación religiosa.

A pesar de la necesidad de tales cambios, era un proceso peligroso desde el punto de vista de los reformadores debido al temor sobre desorden social que podría surgir sin la influencia ética de la iglesia. El temor se debe en parte a la incuestionable asunciones de la Iglesia Católica y los reformadores sobre la naturaleza del ser humano. El individuo implícitamente

se definió como un ser naturalmente inmoral dado a su “pecado original”. Si “abandonado” por la moraleja religiosa, una comunidad por su propia cuenta llegaría al desorden y caos por medio de la violencia y actos lascivos. Se puede comparar esta definición del ser humano con la griega en la que suponía que el ser humano al nacer era una criatura ética y que la experiencia era que lo convertía en un ser inmoral. No obstante, fue la primera definición del ser humano que predominó y, por lo tanto, se temía que un proceso de secularización muy rápida sería terrible para todos involucrados. Algunos pensadores, quien habían atacado el poder de la iglesia, se suicidaron pensando que habían alterado el orden social para lo peor. El mismo Simón Bolívar, quien había argumentado por la separación entre la iglesia y del estado al principio del siglo XIX, cambió su posición al ser víctima de un atentado contra su vida. Desde el punto de vista algunos reformadores, la Iglesia Católica, o alguna institución semejante, tenía que ser un factor integral para cualquier reforma social.

No obstante, el poder de la Iglesia Católica en la región sufrió una caída sustancial durante este periodo. En Venezuela, el dictador Víctor Guzmán Blanco, quien ejerció poder entre 1870 y 1889, al eliminar el privilegio de la iglesia de registrar los nacimientos, las mujeres y otros, al igual que cerrar todas las instituciones educativas que la Iglesia controlaba de una manera u otra. Considero el poder de la Iglesia tan fuerte y excesivo, que trató de nacionalizar la Iglesia en una muestra de autoritarismo igualmente idealizada. Fue imposible de implantar. En 1874, Guzmán Blanco decretó el derecho del estado a legalizar los matrimonios y confiscó todos los terrenos propiedad de la Iglesia Católica. En México, el liderato de Benito Juárez entre 1855 y 1872 también luchó por disminuir el poder religioso. La Constitución radical de 1857 eliminó todos los privilegios de la Iglesia, al igual que le negó el derecho de poseer propiedades. Igualmente prohibió la participación de la Iglesia en actividades seculares tales como la educación, al igual que cualquier tipo de actividad religiosa fuera de sus edificios. Estos cambios fueron tan radicales, que contribuyeron a una guerra civil.

Se pueden ver estas medidas, al igual que otras parecidas tomadas en la época en otros países, como resultado directo del positivismo. Al proponer que se tenía que abandonar el pensamiento “teológico” o “religioso” para el desarrollo social, el positivismo proveyó así una justificación para atacar la institución de la Iglesia Católica. Algunos intelectuales atacaron directamente la religión, tal como Francisco Bilbao (1823-1865), quien en su *La América en peligro* o la “Sociabilidad chilena” (1844) atacó severamente la forma en que la Iglesia influía el pensar más íntimo del individuo por medio de las confesiones. De acuerdo a Bilbao, el peor aspecto de la Iglesia era que distorsionaba el significado de las palabras hasta el punto donde el lenguaje perdía todo sentido y solidez, un problema que permeaba la cultura hispánica: “la prostitución de la palabra corona la evolución de la mentira”. Aunque la pena de muerte se abolió para los prisioneros políticos, se les ejecutaba bajo el

Rodrigo Fernós

pretexto de robo. Aunque la rama ejecutiva podía ser juzgada por la rama legislativa, como todos sus miembros habían sido nombrados por el ejecutivo, no existía algún tipo de contrapeso gubernamental. El demócrata invocaba la dictadura, el conservador se llamaba progresista y el tirano se convertía en el salvador de la sociedad. Parecido a Friederich Nietzsche, Bilbao señalaba que la iglesia también glorificaba la esclavitud por su énfasis en la humildad y el sacrificio.

Pero el positivismo latinoamericano como tal, a pesar de su rechazo del pensamiento “religioso” que igualaba solamente a la visión antropomorfización del hombre, no rechazó al pensamiento religioso que regulaba la conducta del hombre. El énfasis que Comte le daba a la moralidad ayuda a entender la atracción hacia su filosofía, de una sociedad sumamente religiosa. Aunque se puede asociar el positivismo con la merma en el poder de la Iglesia Católica durante el mismo periodo, no es una consecuencia directa.²²⁷

Se pude observar también que un gran número de pensadores positivistas latinoamericanos se preocuparon sobre la moralidad social y por el efecto social de la disminución del papel de la Iglesia. El mismo Bilbao, respondiendo a ataques sobre su pensamiento religioso, expresó que: “La religión debe sostener a la política y la política debe sostener a la religión. Esta es la base de la paz perpetua y de la fuerza”. El problema principal de la sociedad, de acuerdo con Bilbao, era el papel de la religión debido a que esta determinaba las acciones de los hombres. Su ataque hacia la Iglesia era sólo un intento por reformarla. Para uno de los positivistas más importantes de Chile, Vitorino Lastarria, la Iglesia y la política tenían que estar separadas para que una no contaminase a la otra. La inmoralidad de las sociedades primitivas se debía precisamente a esta unión entre la autoridad, el estado y la religión. Al separarlas, la ley no podía corromper la moralidad. Ambas eran igualmente importante para el orden social. “La moral, así como el derecho, comprende todas las fases de la vida humana, i sus efectos se extienden a todas las relaciones públicas i privadas del hombre”.

Parecidamente, se puede observar una preocupación por la vida moral en el pensamiento de los positivistas mexicanos. Gambino Barreda opinaba que la importancia de la educación radicaba en inculcar una actitud ética y moral, algo tan necesario para el debido funcionamiento de una sociedad civil. José María Vigil defendió el uso de la inmigración como política basándose en el ejemplo de los Estados Unidos. Este argumentaba que la presencia de inmigrantes no había alterado el carácter moral de aquella sociedad.

Vemos por lo tanto que la relación entre el positivismo y la Iglesia Católica fue complicada y se caracterizó por una serie de tensiones antagónicas, al igual que por compartir las mismas preocupaciones sociales. La debilitación de la Iglesia Católica provocó que la educación tomara un papel más importante para el estado.

Los “científicos” de México

De acuerdo con el historiador Charles Hale, se puede dividir el positivismo en México en dos etapas. La primera, durante la década de 1870, consistió principalmente en la divulgación pública de sus planteamientos y en la reforma del sistema educativo, principalmente por Gambino Barreda. La segunda etapa se produce con el cambio de siglo y se caracteriza por una influencia mucho más prominente en la política nacional, en la cual el término “científico” se utilizó para identificar un grupo que mantuvo lazos con el gobierno de Porfirio Díaz. Estos participaron en la discusión sobre la reforma del gobierno: si el congreso mexicano debería ser unicameral o bicameral, si los términos de los jueces en la judicatura deberían de extenderse por vida. Otras reformas discutidas fueron las educacionales, como la imposición de la educación universal en México.

El médico Gambino Barreda en 1867 dio a conocer su “Oración Cívica” en la que presenta públicamente los conceptos positivistas. Al poco tiempo, el presidente Benito Juárez le pidió que hiciese un estudio para la implantación de una reforma educativa y, por lo tanto, su participación en la creación de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). Otros miembros de esta generación incluyen a Justino Sierra, Francisco G. Cosmes y Teleforo García, quienes fundaron el periódico, *La Libertad* en 1878. Estos promueven el establecimiento de un gobierno centralizado y autoritario.

El énfasis que hicieron sobre el orden social los llevó a disminuir la importancia de los derechos civiles. Se opusieron a la constitución de 1857, que había tomado como modelo la constitución de Estados Unidos, no porque se opusieron a los derechos que esta le otorgaba a los ciudadanos, sino porque pensaron que la realidad mexicana era diferente a la norteamericana y, por lo tanto, requería un diferente tipo de gobierno. Hay que observar que sus ideas no eran homogéneas; existían grandes diferencias entre ellos. Mientras promovían un presidente autoritario, también se pedían un parlamento poderoso. Aquí se hace evidente la tensión que existe en todas las sociedades entre el orden social o el totalitarismo, la libertad individual o el anarquismo. La inestabilidad política de México durante la década de 1860, propició que se enfatizara el extremo que Russell caracterizó como “fascista”.

El miembro más influyente de este grupo fue Barreda quién, como director de la ENP durante diez años, influyó a un grupo de jóvenes que luego ocuparían cargos gubernamentales importantes. El estudio sobre el sistema educativo dirigido por Barreda encontró que no se habían establecido normas consistentes para determinar la elegibilidad de un candidato a ser admitido a la universidad, por lo que recomendó la formación de la ENP para normalizar esta preparación. En la ENP, Barreda introdujo una pedagogía jerárquica, que exigía que todos los estudiantes empezaran por las ciencias más básicas como las matemáticas, emulando a Comte quién había estudiado en la Ecole

Rodrigo Fernós

Polytechnique. Luego introducía las ciencias más complicadas, culminando con el estudio del hombre.

Muchos padres se quejaron del currículo, argumentando que carecía valor práctico. Es decir, los estudiantes aprendían cosas que no eran útiles para sus carreras profesionales, tradicionalmente compuesta en América Latina por la ley y la teología. El mismo Sierra, quien a los 29 años muere de forma trágica, criticó a Barreda, señalando que no se enseñaba la filosofía, por lo que luego se introdujo un curso sobre la historia de la filosofía. Barreda contestó que el estudiante aprendía a cómo aprender. En comparación con los cachetismos de la educación colonial, Barreda propuso enseñarle al estudiante un método de análisis útil para el resto de su vida. Otra queja fue que los estudiantes se quedaban a dormir en la escuela, por lo que eran socializados con valores diferentes a los que los padres querían que tuvieran. Barreda explicó que tal era la función de la educación, en darle al estudiante una perspectiva científica dentro de una sociedad dominada por la creencia religiosa que consistía en milagros divinos.

El periodo de apogeo de los “científicos” ocurre entre 1893 y 1903, donde sus miembros obtienen altos puestos en el gobierno del dictador Porfirio Díaz (1876-1911). Los miembros principales de este grupo incluyeron a Justo Méndez Sierra, Francisco Cosmes, Rosendo Pineda, Francisco Bulnes, Pablo Macedo, Joaquín Casasús y José Limantour. Bulnes fue un ingeniero, Casasús un economista, Flores un médico-científico y Limantour un financiero. Bulnes enseñó en la ENP y fue parte de la comisión mexicana enviada a Japón para estudiar el tránsito de Venus en 1874. Limantour fue ministro de hacienda y surge como figura central en el plan de desarrollo económico en la administración de Díaz. Justo Sierra fue asignado al Tribunal Supremo en 1894. Macedo sirvió como subsecretario de la gobernación. Otros ocuparon cargos como congresistas y, en otros casos, puestos menores de gobierno. Si la generación precedente había estado enajenada de las fuentes del poder político en México, los “científicos” de 1893 estaban integrados a la elite gubernamental.

Típico del conservadurismo positivista, Bulnes en 1903 argumentó a favor de la reelección de Porfirio Díaz, posición irónica debido a que este ascendió al poder al oponerse a la re-elección del Presidente Sebastián Lerdo de Tejada en 1876. Apoyó a Díaz, argumentado que había establecido la paz y estabilidad en la nación mexicana, un elemento importante para la inversión extranjera. Sin Díaz, de acuerdo a Bulnes, el gobierno sufriría de inestabilidad política, lo que provocaría una caída económica.

Los críticos modernos, como E. Bradford Burns, quienes argumentan que la filosofía de la modernización fue una justificación para la transferencia hacia el extranjero de los bienes económicos del país, tienen un punto. Durante el proceso de modernización, la nación se juzgó por valores extranjeros y por ideologías extranjeras, unas de las cuales era el positivismo. La dinámica del control extranjero sobre los recursos primarios se produjo en

casi todas las naciones latinoamericanas de este periodo, poniendo en duda el papel modernizante de la filosofía positivista en este periodo.

Es apropiado señalar una observación hecha por Bertrand Russell, en su *History of Western Philosophy*. Historiadores intelectuales tienden a cometer el adjudicándole más importancia y poder a una filosofía o ideología para explicar los eventos de una época de la que genuinamente tuvo. Aunque las filosofías pueden orientar el proceso de toma de decisiones, en la práctica se toman en cuenta sinnúmero de factores, económicos, técnicos y sociales, que son independientes de estas. México carecía del capital, la tecnología y la sofisticación institucional para desarrollar empresas de petróleo en esa época.

Irónicamente, la labor por la cual los “científicos” fueron más conocidos no tendría que ver con la ciencia, sino con la política y el diseño del gobierno en México. Estos se preocuparon por temas como un congreso bicameral o unicameral y por el termino por el cual servían los jueces. Un nombre más apropiado a estos serían los “federalistas” o “anti-federalistas” mexicanos, análogos a los fundadores de los Estados Unidos cuya labor fue la de forjar un nuevo sistema de gobierno al final del siglo XVIII. Al igual que los federalistas norteamericanos, los “científicos” continuamente publicaron sus ideas y argumentos con el propósito de difundirlos en la sociedad.

De forma semejante a los federalistas estadounidenses, los “científicos” mexicanos lucharon por varias propuestas: aumentar el poder central, eliminar los privilegios corporativos y religiosos, y instalar la separación de poderes medio la creación de un senado, lo que los federalistas estadounidenses llamaron las *checks and balances* de poder. Estos citaron a escritos franceses, tal como *Histoire des Etats Unis* (1866) de Edouard Laboulay que explicaba el “espíritu” de su sistema gubernamental. México, al igual que Francia, tuvo un congreso unicameral. La idea fue introducir una facción de hombres moderados y educados que reducirían la tendencia al anarquismo. En comparación con la cámara de representantes, donde los congresistas eran seleccionados directamente en las elecciones, los miembros del senado no lo eran, ya que se elegían por colegios electorales. Los “científicos” reaccionaron de esta forma al gobierno militar de Benito Juárez, quien había eliminado muchos de los derechos civiles. La enmienda fue aprobada en 1870 y 1874, y fue aceptada por Porfirio Díaz al asumir el gobierno.

Otro elemento por el que lucharon fue el término de tiempo que los jueces ejercían su función. De forma similar a lo propuesto por los federalistas estadounidenses, la judicatura era el tercer elemento que servía como contrapeso a los poderes del gobierno, el ejecutivo y el legislativo. Los “científicos” abogaron para que los jueces fuesen nominados de forma vitalicia. Al no temer ser removidos de sus puestos, no se verían inhibidos de hacer lo que pensaban lo más ético y legal en cada caso. Un tirano podía controlar el resultado de un caso si tenía la potestad de remover al juez después

Rodrigo Fernós

de su decisión. Sierra argumentó que cada vez que había una caída de poder, era precedida por cambios en los términos de la judicatura.

Pero la situación se complicó porque no todos los “científicos” compartían la misma opinión, por lo cual se puede afirmar que habían “anticientíficos” similares a los “antifederalistas” estadounidenses. Francisco Bulnes y Francisco Cosmes argumentaron que tal acción tendría el efecto contrario de consolidar el poder en el ejecutivo, dada la cultura política mexicana. En contraste con Estados Unidos, el presidente mexicano no era formalmente elegido por el electorado, sino seleccionado por su predecesor. Si el mismo presidente tuviese el poder de nombrar los jueces al Tribunal Supremo mexicano, se consolidaría su poder en el sistema gubernamental. Por lo tanto estos, argumentando en la revista *El Universal*, se oponían a la extensión de los términos en la judicatura.²²⁸ La extensión de los términos de la judicatura fue una medida que no se aprobó durante el porfiriato.

Conclusión

Las reformas políticas de los positivistas latinoamericanos fueron afectadas irónicamente por su concepción lockeana del ser humano. En comparación con la filosofía inglesa de John Locke, en la cual la mente se concebía como una tabula rasa, Comte consideró la influencia de otros factores más generales en el carácter del ser humano: la historia y la cultura. Mientras que la psicología de Locke era atomista por su énfasis en las experiencias de cada individuo, la psicología de Comte era “sistemática” en que mira a la interacción de todos los individuos para estudiar lo que ahora nos referiríamos como sus propiedades emergentes.

Irónicamente, se podría argumentar que los positivistas se guiaron por una visión lockiana del ser humano. Ciertamente, estos no concebían la mente como una tábula rasa sino que pensaban que existían patrones de conducta egoísta engranados en ella la cual requería una institución moralizadora. La función de la Iglesia en reducir esta tendencia egoísta del hombre era esencial; su presencia a través de centenares de generaciones aparentaba darle un carácter ético y ayudaba a mantener el orden social. De acuerdo a José Lastarria en Chile, el hombre adquiriría humildad por tres factores: la naturaleza, la educación y la Iglesia.²²⁹ El paradigma social latinoamericano era uno simplista. Se necesitaba una institución, ya fuese la Iglesia Católica o la iglesia comteana, para combatir el innato mal humano, irónicamente una idea estimulada por el mismo Comte quien le dio tanto énfasis a la moralidad. Pero se puede señalar que los pensadores nunca rompen completamente con su pasado intelectual, sino enseñan nuevos caminos que se ha de tomar. Comte, como Newton, mostró nuevos caminos para el estudio del ser humano, aunque este no se apartó totalmente de los viejos paradigmas católicos.²³⁰

El positivismo era quizás una “ciencia” incompleta y, por lo tanto, contradictoria. Aunque no todos siguieron ciegamente sus dictados, la

utilizaron para establecer el orden social latinoamericano. Los pensadores de la región parecen haber cometido el mismo error que los pensadores católicos del periodo medieval. Una religión, o un orden social, no puede basarse en un modelo científico, debido a que los modelos científicos tienden a ser incompletos y sujetos a constante modificación. De forma semejante, se podría argumentar que la sociedad tampoco debería basarse muy fielmente en una nueva ciencia sujeta a tales modificaciones y cambios.

Pero el modelo social que tomaron no fue el de su nueva sociología, sino uno con suposiciones casi idénticas a las de la Iglesia Católica. Es decir, fue un modelo que se preocupó intensamente por la moral del hombre. Aunque se podría decir que la mayoría de estos no aceptaron el elemento religioso de Comte, que conllevaba la creación de una iglesia científica, no llegaron a dudar de la necesidad de controlar la (in)moralidad del hombre con una institución. Para muchos pensadores, incluyendo Gambino Barreda, la institución que asumió el papel fue la educación que sirvió para contrarrestar la falta de moralidad. A pesar de que el positivismo latinoamericano redirigió su mirada de las causas últimas, o las “esencias de las cosas”, no llegó a desarrollar completamente el fruto de esta idea. Su paradigma social no llegó a incorporar un análisis sistemático de las “propiedades emergentes” de las sociedades humanas y, por lo tanto, careció en su análisis de una forma para contrarrestar la generación del mal en el ser humano.

Capítulo 21

EL PENSAMIENTO MÁGICO-RELIGIOSO Y SU INFLUENCIA EN LA CUENCA DEL CARIBE

*Se puede observar la prevalencia de las mismas costumbres médicas...a través de cientos de millas en la costa...a pesar de estar dividida en tantas diferentes naciones.*²³¹

—Thomas Winterbottom (1803)

Un día, la empleada domestica de un pariente anunció repentinamente que iba a renunciar. Se le estaba cayendo las extensiones costosas que se había puesto en el pelo. La empleada, de origen dominicano y de mediana edad, atribuyó el evento al “mal espíritu”. Alegaba que alguien había puesto un hechizo a la casa, lo que para ella provocaba que su pelo postizo se estuviese despegando. Pocas semanas después, al renunciar a su puesto, opinó que pronto se aliviaría del “mal espíritu” que honestamente pensaba la afligía.

A pesar de que quizás nos cause un poco de risa la creencia de la empleada, la anécdota es interesante por varias razones. Su análisis no se basó en un materialismo empírico. Ella no parece haber considerado que su pelo se estaba cayendo a causa de una pega defectuosa, cualquier otra causa física relacionada con la aplicación de las extensiones. Su esquema epistemológico no solamente aceptaba entidades espirituales como válidas causas de fenómenos físicos, sino que tendía a buscar estas para explicaciones de cuestionantes anomalías. Su caso, entre un sinnúmero de otros en las islas caribeñas, demuestra que el pensamiento mágico sigue coexistiendo con el pensamiento científico a pesar de todos los inmensos avances científicos que se han hecho en el siglo XX.²³² El cuento particularmente refleja el impacto del pensamiento africano, si así se le puede llamar, en la cuenca del Caribe.

La esclavitud africana

La predominancia de la población de origen africano en el Caribe implica la fuerte presencia de la cultura africana, particularmente la del sud-Sahara. Es una distinción basada en la geografía y no en color de la piel.²³³ (Se referirá a dicha cultura mágico-religiosa por las siglas SHA, Sud-saHara Africana.) Mientras que rasgos africanos, como rasgos estadounidenses, son más claramente observados y discutidos en la cultura “material”, como en la música por la “salsa” o la “bomba y plena”, su presencia al nivel intelectual y científico no tienden a ser tema de discusión o estudio. La presencia del vudú

en Haití o la santería en República Dominicana habían claramente afectado el pensar de la empleada dominicana sobre fenómenos físicos. Dicha distribución demográfica/cultural se puede explicar en su turno por el sistema laboral que predominaba el mundo colonial: la esclavitud.

Aproximadamente unos 10 millones de esclavos africanos fueron transportados a las Américas durante el periodo colonial, la región de Brasil recibiendo la gran mayoría de estos. El comercio internacional de la época, triángulo mercantil compuesto por Europa, las Américas y África, creó una insaciable demanda por esclavos. Los países europeos recibían azúcar, café y otra mercancía del Caribe, mientras que enviaban sus productos de manufactura a la región. La tercera esquina del triángulo consistía de la fuerza laboral no-voluntaria africana que sustituyó a la población indígena decimada por las enfermedades europeas.

La mayoría de los esclavos originaron de la región oeste tropical del sur del Sahara, en lo que hoy conforman Guinea y Nigeria. Fue esta pequeña área tropical la que vino a influenciar tanto a una región geográfica mucho más grande: la cuenca del Caribe. Estos grupos tendían a ser tribales, no-islámicos, capturados por otros grupos africanos para su venta en el mercado. Su transferencia a Norte América, en comparación, fue una décima (1/10) parte de esta.

Cuba tuvo en 1827 unos 286,000 esclavos de una población de 700,000 (40.7%); Jamaica unos 300,000 esclavos de una población de 340,000 (88%) en 1800; y Haití unos 452,000 esclavos de unos 520,000 población (87%). La población SHA que llegó a Brasil fue alrededor de unos 3,650,000 en total, 8 veces la cantidad haitiana. Sólo unos 500,000 esclavos fueron llevados a Norte América. Puerto Rico como tal no tuvo tantos esclavos en comparación con otras áreas. En 1860, la isla tenía unos 42,000 esclavos de una población de 583,000 (7%). La esclavitud duró durante todo el periodo colonial, permaneciendo en varios sectores hasta un siglo después de la independencia.²³⁴

La esclavitud resultó en a una revolución demográfica en el área y en una consecuente revolución cultural que sigue teniendo efecto en su mundo intelectual de hoy.

La ciencia y medicina SHA

¿Qué caracteriza la “ciencia” SHA? Existen un sinnúmero de casos históricos sobre la interacción del mundo occidental con el africano que da indicación lo que se podría llamar como la perspectiva SHA. Estos casos son interesantes debido a cuan amplio puede variar la epistemología humana, perspectivas que cualquiera nacido en tales sociedades hubiese asumido como indudablemente real y verdadera.

Antes de pasar a los relatos, hay que tener presente que, el ser humano adquiere la cultura y la visión de mundo que su sociedad ha formado a lo largo

Rodrigo Fernós

de las generaciones. Sabemos de la gravedad y su dinámica, no por nuestros propios esfuerzos intelectuales sino por los de otros individuos de épocas pasadas como Isaac Newton. De manera análoga a la difusión de las ideas del vudú africano o la santería dominicana, opinamos que la realidad de la gravedad newtoniana es obvia por medio de este proceso de aculturación que ocurre inconcientemente. La maquinaria intelectual de un individuo es solamente tan fuerte o débil conceptualmente como su sociedad. A medida que esté desarrollada o atrasada, afectará la perspectiva o entendimiento del individuo que reside en ella.²³⁵

El paradigma SHA se ve a través de las diferentes fases de su historia, desde el periodo colonial hasta el moderno. Cuando la medicina moderna se introdujo en Uganda a principios del siglo XX, los locales no creían que las píldoras podrían hacer mucho, excepto quizás para curar problemas estomacales. Miembros de la tribu baganda pensaban que, para una herida del pie, se debería de poner una pomada de grasa o tierra en vez de limpiarlo como se hace hoy día. Un antibiótico ingerido se juzgaba solamente por su color o características secundarias, sea rosado, blanco o amarillo. Se refería a los doctores europeos como “vampiros blancos”, que se robaban a los bebés para quitarles la sangre, sin conocer los beneficios de las inyecciones preventivas contra el sarampión y otras enfermedades.

En algunas regiones, la inyecciones tuvieron auge, reacción que también demuestra la disparidades de perspectiva. Cuando no había suficiente personal médico, se adiestraban a miembros de la población africana local como enfermeras para realizar tareas básicas como tomar el pulso, administrar inyecciones, etc. No obstante, se encontró que en, algunos casos, algunas enfermeras tendían a llenar la aguja con agua y lodo, pensando que su efectividad residía en la inyección de la aguja en vez de la medicina que se inyectaba en la sangre.

Quizás uno de los eventos más interesantes ocurre cuando se pasaron una serie de películas para evitar enfermedades sociales como la enfermedad del sueño.²³⁶ Se reunieron a los miembros de una tribu SHA del área en un teatro al aire libre para conscientizarles de las causas y los riesgos de tales enfermedades. En la película, se demostró que la enfermedad del sueño se transmite por medio de la mosca tsetsé. En un segmento, la película demostró una toma de vista cerca de la mosca, al igual que los daños intestinales que causaba la enfermedad, una de las más comunes del África tropical. Al terminar, muchos de estos se levantaron riéndose, diciendo que no tenían que preocuparse, lo que sorprendió al equipo médico que trataba de ayudarlos. Al investigar un poco más a fondo, los médicos se dieron cuenta del porqué de tales opiniones. La población tribal pensaba que no había un problema en el área porque no tenían moscas tan grandes como las que fueron demostradas en la película. Aparentemente, la causa del error fue no darse cuenta que la imagen de la mosca estaba amplificada—entendimiento que requería previo conocimiento de lentes de cristal.

La medicina SHA del periodo colonial, se caracterizaba por el uso de analogías, parecido a la medicina occidental durante el periodo medieval. Paracelso para la década de 1530 escribió que sólo aquellas plantas que se asemejan a la parte enferma del cuerpo podía proporcionar una cura, en lo que ahora se conoce como la “doctrina de las firmas”.²³⁷ Todavía presente en muchas partes del continente, el pensamiento SHA se continua a ver en la medicina indígena del África hoy día. En 1941, La tribu mano de Liberia creía que la tos ferina podía ser curada al ingerir una rana que producía un sonido parecido al de la tos. También referían a la convulsiones como la enfermedad de las ardillas debido a la similitud de movimientos; la piel amarilla o ictericia se curaba con un té hecho de hojas de un árbol que contenía flores amarillas.

En 1803 se observó que tribus como los timaníes y bulones de Sierra Leona le atribuían un gran significado a partes del cuerpo humano, como las uñas, el pelo, y hasta la piel. Pensaban que estas partes, de alguna manera, mantenían algún tipo de unión con el individuo de donde originaban. Si un individuo fallecido había sido rico, el usar un amuleto creado con pelo de tal persona le daría riquezas a su usuario. Lo mismo se podría decir con cualquier atributo que se pensaba predominante del individuo fallecido. Tal era la predominancia de la superstición, que el cuerpo de un individuo de alta prominencia social tuvo que ser sepultado secretamente por temor de que no fuese cortado en pedacitos para crear amuletos con pedazos de su cuerpo. Un sinnúmero de ejemplos parecidos existen en los relatos similares de observadores europeos a través de la historia, fuesen o no favorables al africano.

Otro aspecto fundamental es el predominio de la hechicería, como se vio en el caso de la empleada doméstica de República Dominicana. En su estudio, George Murdock encontró que las medicinas indígenas del mundo se podían categorizar por grupos lingüísticos. A pesar de que existían miles de tribus, con una gran diversidad de lenguas, se podían identificar elementos comunes basados en mapas de lengua base. En África, existen unos 3,000 grupos étnicos que hablan unos 1,000 idiomas. Todos los grupos de la lengua bantú, la más predominante en África, compartían la misma serie de presunciones médicas. Estos incluían los: thonga, mbundu, suku, nyakusa, chagga, ganda, mongo, banen, tiv, fon, ahsanti, mende, wolof, tallensi, fulani, massa, azande y otros. Una base común para todas era la idea de la retribución humana, que se comparaba con la medicina polinesia, caracterizada primordialmente por la retribución de algún ser sobrenatural.

Un aspecto de la medicina SHA característico, es su continuidad histórica a pesar de su diversidad étnica, como sugerido en la cita de Thomas Winterbottom al principio de este capítulo. Mientras que la medicina europea fue cambiando gradualmente su método de análisis y tratamiento, la medicina africana se ha mantenido con la misma metodología a través de los siglos.

Perspectiva SHA

El estado en que continuamente de encontraban la ciencia y tecnología SHA impactó detrimentalmente la imagen europea del “africano”, condición que empeoró a medida que se desarrolló Europa. Pero el África no fue la única cuyo posición cambió. Con la Revolución Científica e innovaciones tecnológicas durante el siglo XV y XVI, la apreciación de otras culturas previamente vistas como avanzadas disminuyó en Europa. Tal fue el caso con China e India al principio del primer milenio cuando Europa las percibía como civilizaciones avanzadas, meritorias de un alto nivel de respeto. La primera había descubierto la pólvora y la imprenta, mientras que la segunda tenía avances matemáticos. A medida que Europa las sobrepasó científicamente y tecnológicamente, su imagen de ambas fue disminuyendo, perdiendo el lustre que una vez habían tenido por los viajes de Marco Polo. El caso de África al sur del Sahara quizás fue peor en contraste debido a que siempre había estado al nivel más bajo en la imaginación europea.

Esto no quiere decir que siempre había estado a un nivel primitivo en comparación con el resto del mundo en determinada época; percepciones, no importen cuan influyentes son, solamente seguirán siendo construcciones mentales. Grupos del continente llegaron a desarrollar el uso del hierro, como el Merroës en 500 AC al sur de Egipto, tecnología que se extendió por el sur del Sahara mil años después. También hay que señalar la formación de imperios amplios al sureste africano, con lazos comerciales que se extendían con China. Este comercio internacional, se terminó a mediados del siglo XV cuando China cierra sus puertas al mundo exterior. Esta obtenía materiales primarios de África. Pero el mundo africano que el europeo tendía a ver era el costal occidental SHA, uno no muy desarrollado. De acuerdo a estos, su bajo estado de desarrollo se debía en parte a la presencia de enfermedades tropicales, que también previno la colonización europea del África hasta finales del siglo diecinueve. Las enfermedades tropicales tomaron un papel definitivo en la historia del occidente Africano, al igual que en la consecuente diáspora.

El bajo estado de desarrollo de la población SHA no significó la victoria europea. Irónicamente, la derrota de las fuerzas de Napoleón Bonaparte por las fuerzas de ex-esclavos de Toussaint L’Ourverture en Haití, llamado entonces Sainte Domingue, no se debió a los talismanes que usaban sino al medio ambiente, en particular las enfermedades tropicales. De unos 35,000 hombres enviados por Napoleón bajo la expedición de Charles Leclerc, 25,000 murieron por enfermedades tropicales como la malaria y la fiebre amarilla. Los esclavos, que provenían de partes tropicales de África, habían desarrollado una protección genética debido a su larga historia con la malaria: tenían la célula falciforme. Aunque este rasgo en la célula roja puede ocasionar un tipo de anemia, mientras que esta se mantiene en un estado genético heterogéneo, impide que el africano sucumba contra la malaria. A

pesar de las ideas racistas que llegaron a surgir, era obvio que los africanos tenían un tipo de “arma biológica” que les rendían una ventaja en la batalla militar contra los europeos, beneficio genético que brindaba una clara ventaja de sobrevivencia. No obstante, los europeos mantendrían una imagen negativa del africano.²³⁸ Hubieron varios factores que contribuyeron a la perspectiva negativa del africano.²³⁹

Causas del estancamiento científico SHA

Pero, a pesar de las presunciones erróneas rodeando la evaluación europea del africano, sigue la interrogante. ¿Porque el estado de la ciencia SHA se mantuvo tan atrasado por tanto tiempo?

Los hechos obvios no se deberían de ser ignorados. La llegada de la esclavitud colonial a su apogeo durante el siglo XVIII evitó cualquier tipo de avance social en el oeste del sur del Sahara africano. La demanda generada por la esclavitud atlántica era tal, que creó una inestabilidad social en la región, así contribuyendo a su pésimo desarrollo científico y tecnológico. A medida que la idea racista de la inferioridad africana contribuía a la esclavitud, tal legitimación social ayudaba a que esta “inferioridad” científica se hiciera una realidad; era una perspectiva que se auto-perpetuaba. La esclavitud previno la creación de sociedades grandes y complejas tan necesarias para el desarrollo científico como hemos visto.²⁴⁰ Al inhibir su creación, la esclavitud colonial le quitó al África sud-sarahense los medios para la igualdad y prosperidad al nivel internacional.²⁴¹ Pero no es el único factor.

La falta de la tradición escrita también ayuda a explicar el carácter de la mentalidad SHA.

La tradición escrita, en comparación con la oral, cambia radicalmente la dinámica intelectual. Además del hecho que la presencia de una tradición escrita permite grabar información y eventos para la posteridad, su existencia introduce nuevos elementos sociales no existentes en la tradición oral; el cambio no es solo cuantitativo sino sustantivo.

Existen intelectuales en todos grupos: personas que se preocupan instintivamente por temas relacionadas al porqué del mundo que los rodea. Pero cuando residen dentro de una tradición oral, es difícil de reconocer su contribución individual al típicamente ser incorporada invisiblemente en los relatos que se pasan entre generaciones, tendencia que disminuye sustancialmente en una tradición escrita donde se el medio se presta al reconocimiento del trabajo de cada autor. Otro elemento que no se encuentra en la tradición oral es la habilidad de analizar detallada y cuidadosamente los méritos de un argumento.

Cuando alguien provee una explicación por medio del habla, el número de causas se pierde a medida que progresa la conversación de forma lineal temporal. Por contraste, un argumento escrito se puede analizar

Rodrigo Fernós

indefinidamente; con tal que dure copia física en papel, no hay un límite de tiempo. De igual manera, la tradición oral genera un conservadurismo intelectual debido a la presencia de un prejuicio implícito en tal transferencia de ideas. Cuando las ideas se transmiten oralmente, está implícito la transmisión de un maestro a un discípulo, con la relación jerarquía que esto típicamente conlleva. La precisión social que se ejerce bajo esta circunstancia no promueve el cuestionamiento de ideas. De otra mano, cuando se transmiten las ideas por medio de la tradición escrita, no existe la misma presión social para la aceptación incuestionable de tal idea debido a la falta de presencia física del instructor. El lector puede aceptar o rechazar la idea de acuerdo con el mérito que estime que el argumento escrito tenga; la presión psicológica se reduce. Existen dinámicas sociales en la tradición oral que tienden a mantener su estabilidad intelectual que no existen en la tradición escrita.

Quizás más importante aún es que la tradición escrita introduce una nueva tecnología intelectual que permite el desarrollo de ciertos avances imposible sin ella. Tal dinámica se puede apreciar en la disciplina de las matemáticas, de tal manera que cualquier innovación en los medios de comunicación tienden a revolucionar los contenidos intelectuales procesados por estos medios. Algunas tribus SHA no tienen números más grandes que diez, y menos aun, poder concebir un número tan grande como 1×10^6 . Ciertamente la aritmética pudo crecer a niveles impresionantes, observado por estudiantes de la etnomatemática. Algunas tribus indígenas tienen la facilidad de cambian las unidades de adición para obtener números altos, en los cientos y miles. Pero la matemática hecha por medio de la comunicación oral solamente puede llegar hasta cierto punto, del cual no sobrepasa. Las matemáticas modernas, como la álgebra o el cálculo, son matemáticas de tecnología gráfica, sin la cuales no podrían existir. Las implicaciones del hecho son significativas.

Si el mismo hombre que ahora se conoce como Isaac Newton hubiese nacido en África, no hubiese podido lograr lo que logró, tal como crear el calculo o la nueva física, porque este no hubiese tenido la herramienta de una tradición escrita. En otras palabras, no existía el medio que le hubiese permitido desarrollar el cálculo. Semejantemente, los romanos y los griegos tenían una forma gráfica de aritmética muy primitiva, que limitaba el nivel de su sofisticación matemática. Solamente los cálculos más básicos se pueden hacer con los números romanos.²⁴² No fue hasta la introducción de los números arábigos que utilizamos hoy es que se empezaron a hacer avances como el álgebra, de origen árabe también.²⁴³ El medio físico y la forma del simbolismo gráfico tienen un gran impacto en el desarrollo científico.

Por lo tanto se puede ver que no sólo existieron deficiencias externas al proceso científico que impidió su desarrollo, tal como la geografía y la esclavitud, pero también habían razones muy básicas e “internas” al proceso intelectual científico, primordialmente la ausencia de la escritura. Los problemas de África han sido numerosos y variados en su carácter.

El impacto del pensamiento SHA en América Latina

¿Cuál fue entonces el impacto del pensamiento SHA en la ciencia latinoamericana? Es difícil de evaluar, y faltan estudios rigurosos con respecto al tema. No obstante, se pueden hacer varios señalamientos.

Las regiones con las poblaciones de origen africano, principalmente el Caribe y Brasil, tienen niveles más altos de la epistemología SHA, cuyo impacto al desarrollo científico es desconocido.²⁴⁴ A pesar de la fuerte presencia de la santería en Cuba y Miami, al igual que el vudú en Haití, se desconoce como estos paradigmas han afectado el conocer científico común. Parecidamente, aunque se conoce sobre la prevaencia del espiritismo en Puerto Rico, existiendo como religión minoritaria llamada teosofía en unos casos, su impacto científico desconocido. Sería interesante ver un estudio sobre el impacto de esta en la cultura intelectual puertorriqueña.²⁴⁵ Existe más información con respecto a su impacto en Brasil, cuyo comunidad y cultura SHA fue sustancialmente mayor.

El impacto del paradigma SHA ha sido grande en esta nación y traspasa todos los niveles de la escala social. Se estimó que un 90% de personas con problemas psiquiátricos en 1930 fueron a algún tipo de espiritista o santero, sea de umbanda, macumba, quimbada, candomble, xango u otros. A pesar de que José Pedro de Freitas, mejor conocido como Arigo, fue sentenciado en 1956 por practicar cirugía espiritista, dos años más tarde recibió el perdón del presidente de Brasil, Juscelino Kubitschek, quien también había sido cirujano. Arigo había operado en personas prominentes, como el senador Lucio Bettencourt en 1950, y alegaba que era la reencarnación de un tal Dr. Fritz, un cirujano alemán que había muerto durante la Primera Guerra Mundial.

En 1985, el Doctor Ary Lex, director ejecutivo del *Hospital das Clinicas* de la *Universidade de São Paulo* y profesor de medicina en esa institución, alegaba abiertamente ser espiritista, aparentemente sin ninguna repercusión profesional. El número de sociedades y revistas espiritistas es sorprendente para una de las naciones más modernizadas de América Latina. Instituciones como la Federación Espiritista de Brasil, fundada en 1883, llevan operando por más de un siglo. La primera sociedad se fundó en 1873 (Sociedad de Estudios Espiriticos), y la primera revista dos años después.

La prominencia del pensamiento SHA en la clase alta es inicialmente sorprendente. Mientras que es difícil obtener una buena educación a las clases bajas de Brasil debido a sus limitados recursos económicos, la clase alta recibe todo lujo educacional. Por lo tanto se podría suponer que este grupo social estaría menos influenciado por el pensamiento mágico-religioso SHA. Tal no es el caso.²⁴⁶

Fue tal la asimilación de la cultura SHA, que la elite llegó a modificar y legitimizar el paradigma SHA para sus propios usos. Con la creación de la

Rodrigo Fernós

nueva república en 1889, se dió un esfuerzo de modernización social. El próximo año, un nuevo código penal se formó que prohibía lo que ahora se refiere como el espiritismo bajo, o aquel de la mayoría de los ciudadanos. Irónicamente, las clases media y alta, que también creían en el espiritismo, trataron de brindarle mérito científico y Dom Pedro II recibió medallas y premios internacionales por su apoyo a la ciencia. En 1893, por ejemplo, la Sociedad Fraternal del Espiritismo cambió su nombre a Sociedad Fraternal de la Psicología. Cuatro años más tarde, Adolfo Bezerra de Menzes Cavalcanti (Menzes), doctor, publicó *A Loucura sob Novo Prisma (La locura vista por un nuevo prisma)* en que alegaba que la locura era causada por influencias de los malos espíritus. Se convirtió en el Presidente de la Federación de Espiritistas Brasileños y su influencia era tal, que para 1925 espiritistas “altos” practicaban la psiquiatría al igual que crear sus propias instituciones psiquiátricas sin ningún tipo de censura estatal.

Eventualmente hubo una confrontación profesional entre los médicos y psiquiatras espiritistas debido a las incursiones del espiritismo en su profesión, conflicto parecido al que surgió entre la quiropráctica y la medicina en los Estados Unidos del siglo XIX. Como las profesiones formales médicas no controlaban las licenciaturas, tenían competencia de tales grupos rivales. Para 1927, se formó una comisión para estudiar el problema, de la que surge las leyes de curandismo, concesión al grupo espiritista. Esta ley prohibía la creación de hospitales basados exclusivamente en métodos de tratamiento espiritistas; si estos incorporaran la medicina moderna, podrían seguir existiendo. La práctica de la psiquiatría fue más rígida, prohibiéndose todo tipo de tratamiento espiritista dentro de los centros psiquiátricos.

El hecho de que tales leyes se hayan creado en Brasil señala la predominancia del pensamiento SHA en el país, al igual que su influencia y poder social, un código legal anómalo para gran parte de América Latina. Aunque el “espiritismo alto” alegaba que provenía de la influencia del pensador francés, Allan Kardeck y su *Libro de los Espíritus*, es evidente el poder que el paradigma SHA había ejercido sobre esta clase. Al darle otro punto de origen a su teoría, los “espiritistas altos” trataban de desasociarse de la práctica espiritista para obtener mayor legitimidad legal, a pesar de que usaban paradigmas casi idénticos al pensamiento que supuestamente rechazaban. Su método de tratamiento era “curar” los malos hechizos de los magos SHA por medio de “pases” de la mano por encima del cuerpo. Se creía que estos pases ayudaba a absorber la energía negativa que influenciaba negativamente el “peri-espíritu” del paciente. Obviamente, al darle validez a los hechizos SHA, asumían implícitamente la validez de sus paradigmas. Un punto interesante del caso, es que los “espiritistas altos” irónicamente opinaban que la cultura intelectual SHA inhibía el desarrollo científico y tecnológico de la nación.

En Busca del Fénix

Es probable que la empleada domestica dominicana hubiese apreciado el tratamiento del doctor Menzes, a pesar de que no detendría la caída de su pelo postizo.

QUINTA PARTE: SIGLO VEINTE

Si bien América Latina carecía de una amplia base científica durante la mayoría de su historia, su emergente crecimiento económico durante el último cuarto de siglo XIX daría a una masa crítica lista para contribuir al universalismo de la ciencia. Pero, careciente de una tradición científica en la cual esta fuerza laboral podría desarrollarse, esta se vio incapaz de hacer logros reales al universo científico, logros incrementemente complicados en sus requisitos tecnológicos, organizacionales, e matemáticos. Por ende, la colaboración se convierte en uno de los elementos más importantes para el desarrollo de la ciencia latinoamericana durante el siglo veinte. Política de aislamiento sería política de atraso colectivo.

Por medio de conferencias y proyectos compartidos, los científicos de América Latina, quien en su mayoría trabajaban de forma relativamente aislada anterior al siglo XX, se ven colaborando de una manera más intensa consigo mismos al igual que con científicos del extranjero. Sin estas colaboraciones, la posibilidad de hacer nuevas y genuinas contribuciones se disminuye infinitamente hacia un punto cero debido a la naturaleza cultural del conocer científico. La adquisición de libros y maquinaria no serían suficientes para aprender el quehacer científico o difundir el conocimiento; el contacto con el elite científico ayudaría a cerrar esa brecha. Los Congresos Científicos Pan Americanos, creados inicialmente por Argentina para reunir los científicos del cono sur, pusieron a los científicos de sur América en contacto con aquellos de Norteamérica durante la primera mitad de siglo. En este sentido, estos congresos establecen el tono para el resto del siglo.

Si la influencia externa predominante en América Latina había sido Francia y Alemania durante el siglo XIX, Estados Unidos tuvo mayor influencia fue el siglo siguiente. Inicialmente involucrada en Cuba, Panamá y Puerto Rico por medio de sus campañas de medicina tropical al principio del siglo, la influencia estadounidense creció rápidamente después de la Segunda Guerra Mundial. La consecuente Guerra Fría entre las dos superpotencias, EEUU y la Unión Soviética, crearía una rivalidad que estimularía su asistencia científica e tecnológica para ganar influencia en la región, así tratando de prevenir un aumento en la esfera de influencia de su oponente.

El patrón de asistencia técnica y científica asemejaría su propio desarrollo científico. Si antes de la Segunda Guerra Mundial la influencia estadounidense sería de manera individual y no-organizada, el periodo de la post Guerra se caracteriza por ayuda colectiva e institucionalizada por medio de programas establecidos directamente por los mismos presidentes estadounidenses. Los programas tales como el Cuarto Punto del Presidente Truman y la Alianza del Progreso del Presidente Kennedy fueron únicos en la historia humana. Aunque esta asistencia no necesariamente tendría a la ciencia

como su foco principal, la difusión científica a la región se beneficiaría de este tipo de asistencia institucionalizada, ayudando a nivelar las diferencias científico-tecnológicas dentro de las Américas. Otros programas, de ámbito internacional, tales como la UNESCO, también beneficiarían a la región en su desarrollo científico.

Esta asistencia, no necesariamente se debería de percibir como beneficiosa. El desarrollo de la energía nuclear, aunque vista inicialmente como fuente interminable e barata de energía eléctrica a la región, tendría potencialmente repercusiones desastrosas. La difusión de la ciencia era como una navaja de doble filo, como señaló Bertrand Russell. Los países desarrollados les otorgaban asistencia nuclear a esos países subdesarrollados pensando que estos no iban a poder desarrollar esta tecnología para propósitos militares. Pero, análogo a la India y Pakistán, tanto Brasil como Argentina se convirtieron en las primeras potencias nucleares de la región. Su inicial rechazo de las inspecciones de cuerpos internacionales creó un tono peligroso para la región, y así sus relaciones con los Estados Unidos.

A pesar del desarrollo científico durante el periodo, el estatus social del científico se mantuvo ambiguo, en comparación con la alta estima que se le otorga a los mismos en las naciones más desarrolladas. El caso del desarrollo nuclear Argentina es un ejemplo de la todavía-careciente influencia de la comunidad científica en la política nacional. Un falso científico alemán defraudó al gobierno de Juan Perón. Es muy difícil escapar la historia nacional, que en nuestro caso consiste de la poca-valorización del quehacer científico y la baja posición social del científico en estas comunidades.

Capítulo 22

“AMISTAD Y PROGRESO”: EL PRIMER CONGRESO CIENTÍFICO PAN AMERICANO, 1908

*La verdad no reconoce fronteras nacionales.*²⁴⁷
— Woodrow Wilson (1908)

Durante el último cuarto del siglo XIX, se formaron un número de congresos nacionales los cuales ampliaron el contexto de reuniones ya existentes entre científicos en sus respectivas ciudades capitales latinoamericanas. Estos congresos evolucionaron y se convirtieron en una serie de reuniones a las que se invitó a todos los científicos del continente a partir de 1898. Con 41 delegados en la primera conferencia, los Congresos Científicos Latinoamericanos crecieron rápidamente para tener unos 697 representantes en la tercera reunión de 1905. Estados Unidos fue invitado para el cuarto congreso celebrado en 1908, lo que continuó el patrón de crecimiento. Con casi dos mil delegados, el Primer Congreso Panamericano marcó una nueva etapa en el desarrollo de la ciencia latinoamericana. Indicaba que una masa crítica necesaria para la participación en la ciencia mundial comenzaba a formarse.

Se eligió a la ciudad de Santiago en Chile como anfitriona de este primer congreso, quizás gracias al llamado poético del representante chileno Don Eduardo Sánchez Mujica durante la previa reunión en Brasil. Este, quien también fue elegido como presidente del congreso, le dio un nuevo reconocimiento a la empresa de la ciencia dentro de la cultura hispánica. El científico era como el soldado valiente de las guerras por la independencia en que le otorgaba libertad intelectual a su pueblo. Semejante a San Martín quién cruzó los Andes para ayudar a Bolívar, estos cruzaban fronteras para ayudar a los demás compatriotas en su ardua y solitaria tarea. Sin embargo, más importante aún para Sánchez Mujica era su preocupación de que, sin la labor del científico, las revoluciones políticas fracasarían. Estas tenían que ser seguidas por revoluciones de la mente, según Mujica, para salvaguardar la genuina soberanía latinoamericana.

Si el segundo congreso de 1901 celebrado en Uruguay estuvo mal planificado, los chilenos evitarían sus errores. Planificaron un sinnúmero de eventos sociales, excursiones y restauraciones para el éxito del congreso. El gobierno chileno invirtió 600,000 pesos en el evento. Valentín Letelier, elegido presidente del comité organizador, estableció un sinnúmero de

subdivisiones para su planificación y coordinación. Más de 127 periodistas de todas las Américas cubrieron el evento. Su importancia era implícita, como Letelier explícitamente mencionó a los delegados chilenos en su carta de invitación: “Creemos casi innecesario patentizar á U.S. la importancia que tendrá semejante reunión ó insistir en las grandes ventajas de orden intelectual que, seguramente, derivarán de ella en el futuro”.

Quizás el rasgo de mayor importancia de este congreso radicó en lo que lo diferenciaba. La invitación hecha a delegados estadounidenses elevó el nivel intelectual de estos congresos. Científicos como Albert Michelson, William Gorgas, Heber Curtis y otros trajeron consigo los últimos adelantos de la ciencia moderna. El año anterior Michelson había ganado el Premio Nóbel por sus medidas de la velocidad de la luz. Gorgas había participado en estudios sobre la fiebre amarilla, con los que se probó que la enfermedad se contaminaba por medio del mosquito *Aedes aegypti*, como fue sugerido por el médico cubano Carlos Finlay. Curtis amplió durante la próxima década la concepción que se tenía del cosmos, argumentando científicamente lo que Giordano Bruno había alegado durante el siglo XIII: nuestra galaxia no era la única en el universo.

Los deponentes expusieron sus descubrimientos y las herramientas que habían hecho estos posibles. Michelson le dio gran énfasis al instrumento conocido uno de los más importantes en la historia de la ciencia: el espectroscopio. Detalló cómo se construía y como se identificaban aquellos de buena calidad, como las rejillas difraccionales Rowland que tenían unas cien mil líneas tajadas en un espacio de sólo 50 milímetros. Gorgas, a su vez, describió las instituciones administrativas y los poderes legales necesarios para combatir el vómito negro. Otros científicos menos conocidos, como Charles Monroe, depusieron sobre la recientemente inventada producción sintética del nitrógeno, sin la cual la mayoría de los 6 billones de habitantes del planeta de hoy no pudieran vivir. Benjamin Smith describió algunos de los adelantos más recientes en la física y su enorme potencial; “[los] depósitos de energía interatómica [que] se perciben [son] inmensos, fuera de la concepción y están teóricamente a nuestra disposición”. Al invitar a estos delegados, los adelantos de la ciencia moderna llagaron a América Latina de forma directa.

Desafortunadamente la exposición a estas ideas no parece haber tenido mucho efecto en la región. Si se toma a Chile como ejemplo de las naciones más adelantadas, los científicos latinoamericanos no hicieron contribuciones a la revolución cuántica. La inversión institucional chilena en la investigación sistemática de la física empezó después de la Segunda Guerra Mundial, casi medio siglo más tarde de haberse celebrado el congreso. En la química, a pesar de su exportación de salitre, Chile tampoco llegó a iniciar la producción industrial del amoniaco hasta la década de 1970, tres cuartos de siglo después de su advertencia por los delegados estadounidenses. No obstante, la experiencia de Chile no ha sido única. El porciento de los premios Nóbel otorgados a científicos latinoamericanos ha sido minúsculo, como

Rodrigo Fernós

también lo ha sido su producción científica comparada con otras regiones del mundo.

Por lo tanto podríamos preguntar, ¿Por qué los Congresos Científicos Panamericanos como el de 1908 no tuvieron el impacto esperado en América Latina? A través de un análisis detallado de este congreso, en particular de la física y la química, y la participación de científicos chilenos, se tratará de encontrar una contestación a la pregunta. Todas las naciones que auspiciaron un congreso proveyeron la mayoría de los representantes. El 73% de los representantes en el segundo congreso celebrado en Uruguay eran residentes del mismo, mientras que el que se celebró en Brasil en 1905 eran locales. A su vez, Chile proveyó unos 1,119 de un total de 1,899 en 1908. Dado el mayor número de participantes locales, Chile sirve como buen caso para el análisis del estado contemporáneo de su ciencia al igual que el impacto de tales congresos.

La física

La ciencia natural no tuvo la prominencia en el congreso que uno esperaría.²⁴⁸ Aquello que se consideraba como la “filosofía natural” durante el siglo XVII irónicamente aconteció un pequeño 14% del total de las ponencias. Los congresos habían crecido tanto y fueron tan abarcadores, que las ciencias sociales dominaron con un 53% de un total de 742 ponencias. Aún en los volúmenes científicos, un porcentaje significativo de las ponencias trataba con problemas prácticos. El volumen dedicado a la ciencias físicas contenía un total de 22 ponencias; de estas, 15 trataban temas relacionados a la ingeniería y sólo 7 eran sobre la ciencia pura. De éstas, la ponencia de Marcel Lachaud sobre la velocidad de las moléculas diatómicas se destacó por su sofisticación teórica y su relevancia para la ciencia de la época. Los demás fueron resúmenes de trabajos hechos por otros, o carecían de aquel análisis matemático tan típico de la ciencia moderna. Aún en el volumen dedicado a las matemáticas, los porcentajes fueron similares. El trabajo de Alberto Obrecht sobre la forma del planeta fue de los más originales. Se podría afirmar que el trabajo de estos dos hombres representó el nivel más avanzado de la ciencia chilena de su época.

Lachaud atacó uno de los problemas más prominentes de la física: el problema del calor específico. Aunque Lachaud no lo definió en estos términos, afirmó que las propiedades físicas de la materia dependían en gran medida de la velocidad de sus moléculas. Si se suponía que los gases estaban hechos de partículas en movimiento, de forma semejante a bolas de billar chocando entre si, teóricamente se podría determinar sus propiedades al saber su velocidad promedio. Aunque hubo éxito con este modelo durante el siglo XIX, algunos elementos como los gases diatómicos creaban anomalías intransigentes. Para tratar de resolver estos problemas, físicos como Ludwig Boltzmann habían jugado con el teorema equiparticional de Rudolf Clausius

de 1857, que postulaba tres ejes de movimiento atómico: el rotativo, el translacional y el vibratorio. Boltzmann, en 1875, sugirió que uno de estos ejes no se movía (que estaba en unidad), así explicando mejor las anomalías existentes. Aunque los resultados teóricos por este método llegaron a coincidir con los resultados experimentales de 1890, su respuesta parecía inventada por necesidad, o “ad hoc”, como el mismo Max Planck afirmó sobre su cuanta que también formó al tratar con estos problemas.

Para resolver el dilema, Lachaud aplicó a la física estrategias usadas por Wilhelm Ostwald en la fisicoquímica. Invirtió la línea del pensamiento físico típico. Si la teoría explicaba las propiedades tangibles de los gases, entonces quizás se podría empezar con estas propiedades para dilucidar su teoría. Analizando el peso, la presión, el calor específico y el movimiento del sonido en el gas del oxígeno, Lachaud implicó que no se tenían que utilizar teorías “ad hoc”. Todos sus cálculos dieron resultados con niveles de error aceptables: un promedio que rondó entre 590 y 577 metros por segundo para el movimiento de las moléculas de oxígeno. Aunque Lachaud nunca se refirió a Boltzmann o Clausius por nombre, atacó sus teorías al afirmar que el movimiento translacional era el único que contaba. Este escribió, “Parece más racional suponer que las moléculas tienen una forma tanto más simple, cuanto menos es su peso molecular; y en este caso se tendrá una concordancia que disminuirá más y más, á medida que la molécula se complique”. Típico del conservadurismo francés, Lachaud implícitamente pidió un regreso a la simple teoría de cinética que le precedía. El átomo no era un pudín sino una bola de billar.

Obrecht, a su vez, jugó con la bola de la Tierra. De forma semejante al problema de Lachaud, existían diferencias entre los resultados observados y aquellos predecidos por la teoría de su elipticidad. Mientras que la teoría sugería una cifra de $1/231$, la observación daba $1/293$ para el planeta Tierra; anomalías semejantes existían con los otros planetas. Usando un modelo de capilaridad rechazado por Laplace, Obrecht llegó a establecer una nueva formula para la capilaridad más de acuerdo con las observaciones: $w^2 a^3 / fM$.²⁴⁹ Su nuevo resultado para el planeta Tierra sería $1/290$. Aunque Obrecht no lo consideró como una nueva teoría en 1908, cuando se publicó en 1914 la trató como una formula original.

Lo primero que se puede observar en estos dos casos es que, aunque ambos fueron científicos bien adiestrados, las limitaciones de los recursos locales afectaron gravemente la calidad de su trabajo. Mientras que el problema del calor específico ya se había resuelto por Einstein para 1906, el de la elipticidad de la tierra fue resuelto por Alexis Clairault en 1743, a quien se le reconoce con la fórmula que Obrecht pensó haber inventado. Lachaud y Obrecht desconocían que trataban con problemas que ya resueltos antes de haber empezado a trabajar con ellos. El atraso grave en el caso de Obrecht quizás se debe a que había vivido en Chile por 20 años, donde se desempeñó como director del Observatorio Nacional sin mucho contacto con Europa

Rodrigo Fernós

durante gran parte de su vida. Este había estudiado en su juventud en la *Polytechnique de la Sorbonne*. Aunque la información sobre Lachaud es escasa, se puede deducir por su estilo científico y su otra presentación en el congreso, que éste había sido un químico especializado probablemente en la fisicoquímica. Dado que esta ciencia había sido recién inventada por Arrhenius, van't Hoff y Ostwald durante la década de 1880, es probable que Lachaud había estudiado en los centros más avanzados de Europa antes de llegar a Chile. Es claro que los dos eran científicos competentes en sus respectivas áreas de especialidad y no se le puede atribuir una falta de conocimientos como causa de su “fracaso científico”. La falta de recursos bibliotecarios les afligían.

La segunda observación consiste en el hecho de que las presentaciones más rigurosas fueron hechas por europeos. En general, hubo pocas presentaciones de alta calidad en la física hechas por científicos chilenos.²⁵⁰ Esto refleja que la ciencia latinoamericana a principios de siglo XX parece todavía estaba en la etapa “colonial”, como es descrita por Jorge Basalla en su modelo. Aunque obviamente el modelo no encaja perfectamente con todos los hechos, no hay duda de que los científicos más prominente tendían a ser europeos y no chilenos. Un análisis bibliométrico de los *Anales de la Universidad de Chile* entre 1899 y 1930 refleja este mismo patrón.²⁵¹ Mientras que solamente 21% de los artículos científicos procedían de autores chilenos, unos 79% fueron escritos por autores alemanes. La fortaleza intelectual chilena parece haberse concentrado en las humanidades, ya que aproximadamente un 80% de los artículos publicados provenían de autores chilenos, mientras que los alemanes escribieron sólo un 20%. También se puede observar que la mayoría de los delegados científicos latinoamericanos no practicaban la ciencia como profesión; la mayoría fueron ingenieros o médicos, un patrón continuo desde el Primer Congreso Latinoamericano. El 73% de los miembros del comité organizador del Tercer Congreso Científico Latinoamericano, por ejemplo, eran profesionales no-científicos, mientras que 7 de los 11 delegados en la sección biológica de un congreso científico argentino en 1910 habían sido médicos. La ciencia latinoamericana a principios del siglo XX todavía estaba en una etapa temprana de profesionalización.

La química

A pesar de sus numerosas limitaciones, el científico latinoamericano tuvo estímulos a su desarrollo como la economía. Ciertamente, la tendencia historiográfica general es culpar a esta por el atraso científico en América Latina. Su pequeña escala significó que pocos recursos podían y tendían a ser designados a la ciencia, o eran malgastados en su administración. Mientras que los países industrializados invertían alrededor de 2.5% de su producto bruto nacional (PBN) en la ciencia, la inversión latinoamericana

tradicionalmente ha sido una diminuta fracción de esta. No obstante, la economía también ejerce un papel importante en su estímulo, evidente en los congresos. La relación se puede observar claramente en el caso de la química.²⁵²

Gran parte de las presentaciones hechas estaban asociadas de alguna manera con el producto predominante de la región. Siete de las ocho presentaciones chilenas sobre química estaban relacionadas con su industria del salitre. Lo mismo ocurrió con las ponencias químicas de los delegados argentinos, donde la sección más grande de presentaciones estaba relacionada con su comercio de ganado. El caliche y el ganado eran las exportaciones predominantes en sus respectivas naciones. Mientras que el salitre, con un valor total de \$29.3M, proveía la mitad del ingreso nacional chileno en 1910, la ganadería en 1904 constituía un 33% de las exportaciones argentinas con un valor de 10.5B pesos.²⁵³ Era de esperarse, por lo tanto, que las presentaciones chilenas estuviesen relacionadas con el nitrato de sodio mientras que las de Argentina la estuviesen con la caseína y albúmina.

Belisario Díaz Ossa y sus colegas chilenos estudiaron las maneras de mejorar el procesamiento del nitrato de sodio. Aunque fracasó en producir la materia mediante la electrólisis, informó que el aumento de calor en su procesamiento no mejoró su disolución en el agua. Es más, su calor específico se podía usar como indicio de su disolución completa. Pablo Moriozot y Juan Rochefort, de la Universidad Católica en Chile, encontraron que el sulfato ferroso no inhibía la disolución acuosa del salitre, contrario a lo que entonces se pensaba. Estos compararon la relación entre dos soluciones bajo calor, una con sulfato y la otra sin este, a intervalos de temperatura entre 20° C y 95° C.

Los experimentos de los argentinos Enrique Herrero Ducloux y Martiniano Leguizamón fueron parecidos a los chilenos en que también se basaron mayormente en materias de importancia económica. Ducloux experimentó con la combustión de la mantequilla, mientras que Leguizamón se enfocó en las propiedades físicas del aceite de madera. Quizás las presentaciones más científicamente interesantes fueron las de Horacio Damianovich, quién trató de modelar los procesos de la mitosis y el electromagnetismo utilizando una serie de tintes. Su trabajo predecía el modelaje computacional moderno, pero de manera sustancialmente más primitiva.

Aunque el estímulo de la economía en la actividad científica es claro, surge la interrogante de por qué no la estimuló más fuertemente a un desarrollo industrial. La pregunta toma mayor significado cuando se considera que el delegado Charles Monroe les había advertido en el congreso de 1908 sobre la producción sintética del nitrógeno. No fue hasta 1965 que Chile inició sus estudios de viabilidad hasta 1965 y en 1971 cuando estableció una planta industrial en Punta Arenas con una producción de 270,000 toneladas de amoniaco. Se puede tomar a Alemania como ilustrativo de lo que pudo haber ocurrido si Chile hubiese actuado más prontamente. El desarrollo de la

Rodrigo Fernós

industria de tintes sintéticos alemana impulsó no sólo su economía, sino el adelanto de la química orgánica en una acción recíproca durante la segunda mitad del siglo XIX.

¿Porque no ocurrió lo mismo en Chile en el siglo XX con la producción de lo que se podría llamar el “nitrógeno sintético”?

Lo primero que se puede notar es el bajo nivel de desarrollo de la química chilena en esta época. Entre 1898 y 1916, se publicaron muy pocos artículos en los *Anales de la Universidad* con respecto a la química. Para 1905, solamente se habían publicado 10 artículos, estos trataban con temas más apropiadamente categorizados bajo la geología. Para 1916 los que se podrían clasificar justamente bajo la química eran sólo tres. De forma similar a lo sucedido con la física, la profesionalización de la disciplina se produjo hasta después de mediados del siglo. Para 1908, la mayoría de los cursos universitarios de química eran ofrecidos secundariamente en ramas relacionadas como la farmacéutica o la minería. El número de licenciaturas en bioquímica otorgado por la Universidad de Chile era minúsculo: 0 (1900), 2 (1904), 7 (1919) y 12 (1920). No se organizó una sociedad profesional de químicos hasta 1946 y se publicó la primera revista académica sobre el tema en 1950. Es decir, durante la primera mitad del siglo, el desarrollo de la comunidad química en Chile estaba en su infancia.

Es quizás ilustrativo comparar estas cifras con las de Estados Unidos. Durante la década de 1870, dos revistas académicas ya se habían formado, y en 1893, 327 químicos habían publicado unos 1,186 artículos académicos. Para 1915, se habían otorgado aproximadamente unos 500 doctorados en la química. En 2000, Chile contaba con unos 400 químicos, 100 menos que Estados Unidos casi un siglo anterior.

Detrás del problema de la profesionalización del químico, o de cualquier otro científico, existía un problema general mayor con la estructura social chilena. Para 1880, la mayoría de los trabajadores chilenos, un 90%, eran clasificados como mano de obra no especializados. La clase media consistía sólo un 10% de la población. Estas cifras no cambiaron mucho en las décadas siguientes. En 1925, la manufactura artesanal constituía el 71% del empleo industrial; para 1950, el 50% del empleo industrial lo originaban compañías pequeñas. Los índices de educación revelan el mismo problema. En 1907, el 60% de la población era analfabeta. Para 1895, solamente un 13% tuvo acceso a la educación formal y no fue hasta 1920 que se estableció un sistema universal de educación pública.

También podríamos notar que la economía tuvo un impacto ambiguo en la ciencia dado la prominencia de compañías extranjeras. Aunque la exportación del nitrato de sodio era una de las principales exportaciones del país, hasta el 1908 estuvo dominada principalmente por compañías extranjeras. Los ingleses en 1895 eran dueños de un 60% de los territorios de caliche, mientras que los chilenos eran propietarios de sólo un 13%. Aunque la posesión local aumentó rápidamente después de este periodo, y alcanzó un

68% para 1925, era una posesión cuyo valor rápidamente decayó con el aumento de la producción sintética del amoníaco o el “nitrógeno sintético”.

Se puede decir entonces que las fuerzas que empujaban a Chile hacia la industrialización fueron limitadas en gran parte por su estructura social y económica. Aunque una comunidad de químicos existía, simplemente carecía el volumen necesario para una viable producción sintética de amoníaco, a pesar de los esfuerzos de fundadores como Ignacio Domeyko. La predominancia de compañía foráneas también limitaba el ímpetu potencial de la economía chilena.

Otra vez, podríamos compararlo con la química orgánica en la Alemania para dilucidar el caso. No solamente había la mano de obra necesaria en el país europeo, pero sino que había un exceso de ella de tal manera que redujo su valor en el mercado. Para 1907, ya habían casi seis mil químicos con tan bajos sueldos que muchos decían que “ya no paga hacerse un químico”. Esto sugiere que la escasez de químicos en Chile aumentó el costo de su mano de obra profesional, por lo tanto haciéndola demasiado costosa para establecer una nueva industria nitrifica.

Curiosamente, el caso de Chile en su falta de modernizar su industria de materia prima no es único. Según Nathan Rosenberg, Chris Freeman, Luc Soete y otros, generalmente aquellos que producen “orgánicamente” no tienden a adoptar las tecnologías “sintéticas” que le rivalizan. El caso de Holanda, donde se producían tintes de la raíz de rubia, es un ejemplo. La creación de un nuevo método de producción en Francia no impulsó una revolución en los métodos de producción holandeses, sino una mejora en la organización administrativa. Aunque en este caso particular, el producto viejo pudo competir con el nuevo, no fue motivado por el cambio radical tecnológico sino por un cambio administrativo. La entrada al mercado de productos creados con nuevas tecnologías o métodos típicamente incentivan solamente la eficiencia en la producción con tecnologías viejas. El trabajo de Díaz Ossa o de Rochefort puede analizarse como ejemplo de la reacción chilena ante la emergente competencia industrial.

También se puede observar que la actitud conservadora de la industria salitrera de Chile se afectó por viejos patrones culturales engranados profundamente en su vida social. No es que no pudo cambiar pero sino que no tuvo el deseo de cambiar. El no haber participado en la minería de oro y plata durante el período colonial español, llevó a los Chilenos a ver sus riquezas minerales como un renacer español. Aunque el nuevo “oro” consistía de un material nuevo (nitrato de sodio), el paradigma económico había sido el mismo.

Conclusión

Los Congresos Científicos Panamericanos pudieron de haber sido medios eficaces para la difusión científica. Todos los involucrados tenían interés de que así fuese y consideraron todos los congresos, desde el primero

Rodrigo Fernós

hasta el congreso de 1940, como un nuevo medio para fomentar la armonía entre las Américas. No se debe subestimar estos esfuerzos debido a que no tuvieron el éxito esperado.²⁵⁴ Tanto Estados Unidos como América Latina esperaban que tuvieran su éxito, particularmente después de las malas impresiones dejadas por la Guerra Hispanoamericana.

Aunque las ideas más recientes de la ciencia moderna se transmitieron a América Latina, no se difundieron. La distinción entre la “transmisión” y la “difusión” es una importante; la primera no necesariamente conlleva la segunda. Varias de estas ideas también se habían transmitido a Chile por los escritos de emigrantes alemanes, como Luis Zeger que discutió la física moderna en los *Anales de la Universidad*. Aún así, estas ciencias no se integraron a la cultura académica de su tiempo. Los científicos chilenos, la mayoría médicos e ingenieros, parecen no haber adoptado sus preguntas y temas prominentes en sus investigaciones. Aunque el congreso fue ampliamente celebrado, no incentivó el crecimiento de la comunidad científica en Chile. El número de estudiantes de ciencia y el número de artículos científicos mantuvieron el mismo patrón de crecimiento que precedía al congreso. Aquella distinción que C. P. Snow señaló apropiadamente entre las humanidades y las ciencias aplica a este caso. Existían dos culturas muy diferentes que no compartían entre sí pero que tenían que de mezclarse: la humanística chilena y la científica alemana.

Las dos comunidades no parecen haber compartido mucho. En algunos casos, hubo fuertes ataques a la comunidad alemana, como lo hizo Eduardo de la Barra en su libro, *El Embrujamiento Alemán* de 1899.²⁵⁵ Cualquiera que sea la razón, aquel intercambio personal necesario para la adopción de la ciencia no parece haber ocurrido, ni domésticamente ni internacionalmente. Semejantemente, vemos la falta de interacción en los mismos congresos entre chilenos y estadounidenses. Alguien le debería de haber dicho a Obrecht en el congreso de 1908 que su descubrimiento era obsoleto.

Pero obviamente, el hombre está limitado por los recursos que tiene disponible. Como dijo Federico Ristenpart: “Chile está en el buen camino del progreso, pero naturalmente no es posible hacer todas las cosas de una vez”. Afectados por un sinnúmero de factores, como su pasado colonial, su estructura social y el mercado internacional, los científicos chilenos estaban limitados en lo que podían hacer para levantar la ciencia en su país. Con pocos recursos económicos disponibles, se podría clasificar su estrategia como una de sobrevivencia en vez de una progresiva. Aún cuando se transmitió la información, no pudo integrarse, dado el bajo nivel de desarrollo en que existía su sociedad.

Por lo tanto, quizás es más apropiado concluir que nuestro caso es uno de una incompatibilidad entre la sociedad recipiente y la proveedora. Las similitudes entre las dos esconden las grandes diferencias que existían entre ambas. Chile, por ejemplo, podía participar en algunos aspectos de la ciencia

moderna, como la astronomía, porque contaba con un observatorio moderno, espectroscopios y otros instrumentos básicos. Obrecht, por ejemplo, calculó la posición exacta del eclipse solar de 1892, mejoró el diseño de un canal entre el lago Vichuquén y el mar, al igual que calculó las latitudes y longitudes de la cartografía chilena. Pero este director, como la mayoría de los científicos chilenos, careció de elementos tan importantes como el capital y los asistentes necesarios para hacer el trabajo meritorio de un Nóbel, algo que el mismo Obrecht reconocía. Cuando el ambicioso Ristenpart trató de forzar al país a invertir en la ciencia con este objetivo, fatigó su influencia y creó una crisis entre él y el gobierno chileno. Un científico no puede forzar a un país a que alcance un adelanto más allá de lo que sus recursos le permiten.

Capítulo 23

LAS ANTÍPODAS DE LA MEDICINA TROPICAL: BAILEY K. ASHFORD EN PUERTO RICO

*Dos hombres, ambos igualmente sabios, honestos, y talentosos, pueden tener ideas diamétricamente opuestas sobre cualquier tema.... Todo dependen de los puntos respectivo del cual están observando el tema. Tal como la diferencia entre el europeo y el chino, la diferencia principal afectado su evaluación es su previa educación, usando la palabra en su sentido más amplio. Educación, desde esta perspectiva, es algo que tiene mucho que ver con el lugar donde nacemos—algo que esta fuera de nuestro control.*²⁵⁶

—Patrick Manson, (1887)

La expansión de la parasitología fuera del mundo occidental no ocurrió de manera consistente. Aunque fue introducida en Hong Kong mucho antes que en Puerto Rico, se estableció una institución dedicada a su práctica en la isla china más de un cuarto de siglo después que en “la Isla del Encanto”. De hecho, el Dr. José Olivar Gonzáles en la Escuela de Medicina Tropical de Puerto Rico ya estaba contribuyendo a dicha ciencia a medida que el primer Instituto de Enfermedades Parasíticas se estaba formando en 1950. Durante la década de 1960, mientras que todavía existía una fuerte resistencia china en contra de la medicina occidental, por el uso sobre moderado de los doctores “descalzos” de la administración Mao Tse Tung, un complejo institucional aún más grande ya había sido establecido en Puerto Rico conteniendo un sinnúmero de equipos médicos modernos. Estos ejemplos se comparan drásticamente con la tasa típica de difusión científica entre América Latina y el Oriente, el segundo casi siempre antecediendo el primero.

La diferencia en las tasas de difusión científica entre las dos regiones se puede entender mejor al observar las experiencias de sus primeros practicantes. Bailey K. Ashford y Patrick Manson eran doctores metropolitanos que habían viajado a las colonias como resultado de exigencias militares; el primero a Puerto Rico en 1898 y el segundo a Hong Kong en 1866. Mientras que Ashford decidió quedarse en la Isla hasta su muerte en 1934, Manson se fue en 1889 y nunca regresó. Al comparar los dos casos, es evidente que distintos estímulos culturales y políticos contribuyeron a la legitimidad de Ashford en Puerto Rico. Manson, por su parte, recibió muy poco del apoyo social necesario para continuar su investigación. La salida de

Manson es, por lo tanto, tanto la causa como el efecto del lento crecimiento de la parasitología en la China—inhibiendo su desarrollo pero, a la misma vez, siendo afectado por factores que continuarían a dominar el ámbito intelectual. Inversamente, la continua presencia de Ashford en Puerto Rico no sólo estimuló la adquisición de la ciencia moderna, sino que también demostró la existencia de factores beneficiosos para su desarrollo.

Sir Patrick Manson

Se ha considerado a Patrick Manson como el “padre de la medicina tropical” porque señaló el primer lazo en la transmisión por vector de la elefantiasis, aunque no pudo descubrir el ciclo completo de la enfermedad. Mientras trabajaba en Amoy, notó que el número de huevos filariales en la corriente sanguínea aumentaba exponencialmente en la noche, aún cuando los patrones de dormir habían sido alterados. Llegó a la conclusión que la enfermedad era transmitida del paciente al insecto nocturno cuando picaba al paciente y, por lo tanto, que el insecto también “sufría” de la enfermedad. A pesar de su observación, Manson concluyó equivocadamente que la enfermedad luego era retransmitida a otro ser humano por medio de los huevos sembrados en el agua estancada por el mosquito. Esto es algo razonable debido a las practicas de higiene chinas. El último lazo del ciclo fue identificado finalmente en 1898 por Ronald Ross, el protegido de Manson, mientras que también trabajaba en la China. Estos estudios resultaron en la creación del texto de Manson, *Manual of Tropical Diseases*, que Ashford utilizó para analizar diferentes enfermedades tropicales de Puerto Rico.

Aunque Manson vivió una vida de relativa prosperidad en China, no tuvo el poder político y cultural que necesitaba para establecer un programa de investigación abarcador en el área de la medicina tropical. Aunque Hong Kong estaba bajo el control de los ingleses, la actitud publica en Inglaterra a favor del imperio había decaído durante la segunda mitad del siglo XIX. Percibido como costoso y onerosos, había mucha oposición popular a una consecuente expansión verbalizada por políticos como William E. Gladstone en la década de los 1860 y Disraeli durante la década siguiente. El número de lazos comerciales que China tenía con Inglaterra también era poco en comparación con otras relaciones internacionales; aquellas que existían, como el opio, constituían una fuente de conflicto entre las dos naciones. Durante la visita de Manson, Hong Kong también era dirigido por un inefectivo gobernador, John Hennesy, quien favorecía el consejo chino sobre sus propios compatriotas. Para complicar la situación aún más, la ciencia occidental había sido afectada por implicaciones de dominación cultural debido a la influencia jesuita siglos antes. La medicina local que existía había estado tan influenciada por el humoralismo, que varios intentos de reforma habían sido rechazados. Los chinos se mantendrían chinos, independientemente de cuan inefectivas podrían ser sus practicas; de hacer lo opuesto se consideraba como

Rodrigo Fernós

una subyugación a un tipo de imperialismo cultural, de acuerdo con la perspectiva china.

El conflicto intelectual y cultural con la población predominantemente china en Hong Kong era un problema endémico, y era afectado por la medicina humoralista de la China. La biografía de Manson está repleta de referencias a tales conflictos., los chinos no permitían las autopsias y objetaban violentamente en contra de estas ya que pensaban que el cuerpo debía mantenerse intacto. Mientras Manson conducía una, “un populacho se reunió afuera [de su oficina médica], queriendo saber que los “diablos extranjeros” [Manson y sus asistentes] estaban haciendo. El resultado fue que los “diablos extranjeros” tuvieron que correr por sus vidas. Para conducir investigación medica, Manson se vió obligado a trabajar con animales o ilegalmente en los cementerios.

Tal era la desconfianza, aún de pacientes que habían buscado voluntariamente la ayuda de Manson, que tuvo que mudar su práctica al primer piso de la casa para que todos pudiesen observar sus prácticas medicas, de esa forma mejorando su relaciones con los pacientes. Para obtener pacientes locales, muchos doctores occidentales se veían forzados a traer consigo pacientes chinos que testificarían positivamente sobre el merito de este. El romper con normas chinas de propia conducta social también podría causar desconfianza. “El comportamiento propio, sea en la corte, en el mercado, o en la soledad de la vida privada, es considerada...de tal importancia...[que] brechas de impropiedad en este sentido siempre eran severamente juzgadas”.

En una ponencia dictada en la inauguración del nuevo Colegio de Medicina de Hong Kong, Manson dijo,

Aquellos que han residido en el país, aun por un periodo corto de tiempo, sabe que cosa miserable es la práctica médica local...Las nociones de la anatomía y la fisiología son absurdas; no existe una cirugía meritoriosa de su nombre...La higiene es desconocida...Los encontramos con el mismo espíritu de clasificación artificial, el mismo amor por el “sistema” que caracterizaba la época pre-científica en la medicina europea....todo articulo de comida, de bebida, y toda medicina es clasificada de acuerdo si tenia un efecto calentador o enfriante...

Aunque el humoralismo también era común en Europa, factor que dio al rechazo inicial en Inglaterra con las ideas de Manson, su versión oriental estaba ligada más íntimamente a la cultura china y a su estructura social. En la última, la distinción entre la ciencia y la política se había borrado, por lo tanto permitirle a la elite gubernamental implicar que los retos públicos a su

autoridad y legitimidad intelectual igualaban a los retos del orden político. Los médicos se convertían en médicos, no al estudiar medicina, sino al estudiar textos filosóficos que delineaban el orden natural y social del mundo; aquellos que sobresalían en los exámenes se convertían en líderes políticos, mientras que los que tenían las notas más bajas eran nombrados médicos. La situación se empeoraba por las bajas tasas de educación. Tan tarde como 1949, solamente el 23% iba a escuelas primarias y de estos, solamente un 2% asistía a la escuela secundaria.

Estas realidades también demuestran los problemas que los intelectuales locales tenían en la reforma de su sociedad, como el caso del estudiante chino de Manson, Sun Yat Sen. Como la formación de nuevos grupos políticos conllevaba la muerte, la manera más viable para reformar la sociedad era la de buscar directamente el poder político. Tales conllevaban consecuencias personales que se contrastan grandemente con la experiencia de los estudiantes de Ashford, quienes no tuvieron que luchar por su legitimidad social.²⁵⁷ Aunque forzado al exilio hacia Inglaterra por temor de su vida, Sen persistió hasta eventualmente llegar a ser presidente de la China en 1911. Como explicó, ni el público ni la élite gobernante entendían el papel jugado por la ciencia en el establecimiento de la soberanía nacional. “El llamado vivir-moderno, al igual que las poderosas fuerzas armadas y navales, provienen del desarrollo de la ciencia.... Lo que deberíamos de aprender del occidente no es su filosofía política sino la ciencia”. No era entendido comúnmente que el desarrollo de conocimientos científicos era difícil y, por lo tanto, necesitaba apoyo estatal y esmero popular. La filosofía pública común de esa época quizás es mejor expresada por el dicho, “el conocimiento es fácil, mientras que la acción es difícil”. Como Sen escribe,

Los chinos modernos, o deberíamos de decir la mayoría, tratan las bases del conocimiento con desprecio y valúan la acción altamente. Esta actitud no es muy justificable....En nuestra edad de ciencia, deberíamos saber como apreciar el conocimiento tanto como su aplicación....Consecuentemente, no existe [en la China] una opinión pública que conduzca su civilización por la ruta del progreso.

Era improbable que un extranjero como Manson, con menos tiempo disponible y menos prestigio social, hubiese podido establecer reformas más rápidamente.

Es pertinente señalar que la Isla donde Manson practicaba medicina y hacía investigación científica no era gobernada por los chinos, sino por los ingleses. Los chinos constituían la mayoría de la población y sus líderes ingleses no eran muy efectivos. John Pope Hennesy había sido nombrado

Rodrigo Fernós

gobernador de Hong Kong entre 1877 y 1898 sólo como un favor político. Su liderato fue tan pobre, que sus cargos previos en África y el Caribe habían dejado “una vereda de sirvientes civiles infelices...y coloniales enfadados”. Un comentarista observó que Hennesy, “había excesivamente mal-administrado todo gobierno cual se le había sido asignado”. En el área de la medicina, se había opuesto a la instalación de facilidades de tratamiento de desperdicios en la ciudad, a la instalación de inodoros en los hospitales, al igual que a la inspección para infecciones de índole sexual. Como Hennesy prefería escuchar consejo chino, las oportunidades de influencia política podrían ser descritas como pesimistas.

Las condiciones sociales en la cuales Manson vivía no parecen haber sido no placenteras. Las circunstancias legales y políticas creadas por los ingleses en su colonia de Hong Kong estimularon el éxodo de la clase criminal hacia la Isla. Aunque había sido sólo una roca cuando los ingleses establecieron una colonia ahí, la población creció rápidamente de 4,350 en 1841 a 248,498 para 1895, de los cuales solamente el 4.3% eran de descendencia europea. Como la ley china era tan severa en su castigo, incluyendo crueldades como la amputación y el castigo con el látigo, la tradición inglesa de la encarcelación era un descanso en comparación. El comercio del opio entre Inglaterra y China, que desde 1835 había generado unos \$18 millones para Inglaterra, también había estimulado la migración de la clase marginada. Las condiciones cotidianas fueron descritas por James Cantlie, un cercano colega de Manson tanto en el *Alice Memorial Hospital* como en el colegio médico de Hong Kong. “Cuando los chinos empezaron a llegar en manadas a la colonia, los europeos gradualmente fueron empujados a la altura topológica de la ciudad, pero, a manera que los años pasaron, la intrusión de indeseables vecinos fue de tal grado, que otros lugares de la colonia se buscaron como sitios de residencia apropiados para los europeos”. Otros observaron que “el refugio y protección provista por la presencia de nuestra flotas pronto hicieron nuestras costas el hospedaje favorito para los fugitivos, los traficantes de opio, y, en efecto, de todas personas que se habían convertido detestables para la leyes chinas”.

Sorprendentemente, el esfuerzo colonial puesto en Hong Kong o en la China era relativamente bajo, de esta forma disminuyendo el clima político bajo el cual Manson trabajaba. Aunque Inglaterra controlaba el 75% del comercio chino en 1895 y tenía un mercado potencial tremendo, de unas 400 millones de personas, China nunca se convirtió en un socio comercial durante el siglo XIX. Bélgica, por ejemplo, tenía mayor cantidad del comercio inglés que China. En comparación con otras regiones coloniales, solamente 7.5 millones de libras esterlinas se intercambiaron con China mientras que 29 millones de libras esterlinas se intercambiaron con India. Sir Robert Hall comentó que “los chinos tiene la mejor comida en el mundo, el arroz; la mejor bebida, el té; y la mejor ropa, el algodón la seda y la piel...no necesita comprar una moneda en otro lugar”. La pobreza, tan común en la China,

también tomó un papel significativo. Los ingleses se afectaron por un sinnúmero de preocupaciones: la extensión desmedida de su imperio fuera de India, la autonomía de China, los competidores europeos y el tamaño e inestabilidad del país que inhibía el control adecuado.

Como Robinson y Gallager escribieron en sus estudios sobre el imperialismo, “El tipo de laso político entre la economía en expansión con sus dependencias formales o informales, como se podría imaginar, ha sido flexible. En la práctica, ha tendido a variar con el valor económico del territorio, el poder de su estructura política, la disponibilidad de sus líderes en colaboración con los intereses comerciales ingleses para propósitos económicos...”²⁵⁸ Por lo tanto, la insignificancia económica de China al igual que su animosidad política llevarían a un minimalismo e informalidad en la política colonial de Inglaterra en la región por el resto del siglo, para el detrimento de sus colonos que residían en la periferia como Manson.

Bailey K. Ashford

El clima político e intelectual bajo el cual Bailey K. Ashford vivió, en comparación con el de Manson, no pudo haber sido más diferente. Aunque existían fuertes y persistentes rasgos del humoralismo en Puerto Rico, estos demostraban señas de debilitación y simplemente no tenían las mismas connotaciones políticas que el *Huang Ti Nei Ching (Manual de medicina corporal del Emperador Amarillo)*. A pesar del hecho de que ambas sociedades eran predominantemente agrícolas, el alto predominio de la lombriz intestinal en Puerto Rico significaba que su cura tendría repersuaciones sociales en esta sociedad hispánica, en comparación con la relativamente baja presencia de la filaríasis en toda la región China. Si los problemas que afligían la ciencia moderna en China continuarían mucho después de la salida de Manson, el éxito de Ashford tendría el efecto contrario de ayudar a separar a Puerto Rico de su pasado intelectual. El efecto acumulativo de este y otros factores sería el de crear un estado que daría mucho más apoyo a la actividad científica—aún cuando sus lazos coloniales con Estados Unidos se redefinieron en 1952. La antorcha de la ciencia pasaría a manos locales; los estudiantes puertorriqueños de Ashford se convertirían en científicos en vez de revolucionarios políticos. Esta dinámica, a su vez, también continuaría la construcción de la estabilidad política, una tradición histórica de la Isla y factor tan necesario para el progreso continuo de la ciencia en la misma.

El cuento de Ashford es bien conocido. Viajando a la Isla en 1898 como resultado de la Guerra Hispanoamericana, Ashford descubrió que la causa de la anemia maligna no era la dieta sino un gusano. El ciclo de vector fue bastante fácil de establecer. Tomando muestras fecales, descubrió que los labradores agrícolas regaban y mantenían la enfermedad en su estado endémico al excretar bajo la sombra de los mismo árboles de café donde trabajaban. Ashford entonces empezó a medicar a sus pacientes con timol en

Rodrigo Fernós

una campaña médica que rápidamente creció de 15 pacientes al día a 600. Después de que se creó el *Porto Rico Anemia Commission* en 1904, sus hospitales de campo virtualmente eliminaron la uncinariasis, que había afectado casi un 75% de la población trabajadora. Después de su exitosa campaña, Ashford se convirtió en un héroe en la Isla, casándose con una puertorriqueña y eventualmente recibiendo fondos del gobierno local para empezar su propia institución de investigación científica en 1926: La Escuela de Medicina Tropical. Fue solicitado a través del mundo, y participó en el estudio de las enfermedades tropicales en América Latina por del Instituto Rockefeller. Ashford se había convertido en un valiente “soldado de la ciencia”, a pesar de que había hecho pocos descubrimientos científicos.

Pero las llaves de la victoria de Ashford, que en fin consisten en la difusión exitosa de la medicina moderna en Puerto Rico, pueden encontrarse en el ambiente político e intelectual rodeándolo. Tal ambientes probaron ser muy amables a su investigación científica; si hubiese sido de otra manera, sería improbable que su nombre hubiese sido tan prominentemente grabado en la historia puertorriqueña.

El humoralismo tiene una larga historia en América Latina y se mantendría presente a través del siglo XX. Pero su presencia en Puerto Rico parece haber sido debilitada por una cierta desconfianza de los doctores locales. La misma desconfianza que Manson sufrió de sus pacientes chinos parece haber existido a algún nivel entre la población jíbara de Puerto Rico y sus médicos adiestrados en España, a los que se referían como los “leídos”. Los médicos puertorriqueños tenían poco control organizacional sobre las instituciones médicas, ni un monopolio sobre las prácticas médicas dado que muchos pacientes buscaban curanderos africanos para tratamientos. Más importante aún, existía un cierto nivel de empirismo entre la comunidad de agricultores, que ayudó a dudar de las alegaciones erróneas de los médicos españoles. El criterio no-instruido del jíbaro sufría menos prejuicio y por lo tanto era más “científico” que el de muchos doctores locales, quienes atribuían la enfermedad al nivel de espesor de la sangre y, consecuentemente, les mandaban sus curas tortuosas a sus pacientes. Como Ashford notó, la dentritis pedal primero asociada con el gusano intestinal fue observado por los mismos jíbaros, quienes apropiadamente lo llamaban “culebras”. “Los más observadores atribuían su dermatitis anual como ser causa de su debilidad [anemia, en vez de explicarla a base de]...comida impropia e insuficiente”. Aunque la gran mayoría de la población era tan ignorante como en China, en 1899 solamente 16.6% de la población podía leer y menos de un 2% tenía algún nivel de educación más allá de la escuela elemental, esta ignorancia tomo una forma diferente en Puerto Rico. Esta promovió el análisis de prejuicios culturales en vez de su ciego mandato, en comparación con el caso de Hong Kong.

No es decir que todos los jíbaros estaban completamente libres de la influencia del humoralismo. Como Ashford observa, “El jíbaro es igualmente

supersticioso y fácilmente impresionado por las explicaciones sobrenaturales de cualquier fenómeno que no entienda. A medida que la explicación se de mayor exageración, se le hace más atractiva...” Estudios antropológicos hechos en la Isla en la década de 1950 y de puertorriqueños viviendo en la ciudad de Nueva York en la década de 1970 demostró fuertes rasgos humorales. No obstante, se puede señalar que, en comparación con la visión cultural de Hong Kong, el humorismo estaba debilitado, posiblemente afectado por el carácter particular de la economía. Como el café comprendía un 41% de toda la producción agrícola en 1899, pudo haber jugado un papel en el desarrollo de una perspectiva más moderna. Se ha argumentado que la economía cafetalera, como la del tabaco, promueve una perspectiva e identidad más “independiente” que la esclavista de la economía azucarera.

Otro elemento de la decadencia del humorismo es el desarrollo de la misma medicina española al principio del siglo. Aunque España permanecería científicamente atrasada durante la mayoría del siglo XX, los pequeños fondos requeridos para la labor científica en áreas como la bacteriología y la histología significarían que los hombres persistentes podrían hacer nuevas contribuciones. Santiago Ramón y Cajal al igual que Jaime Ferrán obtendrían reconocimiento internacional por su trabajo. Ramón y Cajal ganó el Premio Nobel en 1906 por su trabajo en la neurología, mientras que Ferrán fue distinguido en 1889 por sus estudios sobre la rabia, lo que le ganó reconocimiento favorable por Louis Pasteur y el Prix Breant en 1907. Ambos científicos, curiosamente, trabajaban en Barcelona. Cajal tenía un puesto en la sección de histología hasta 1892 y Ferrán dirigió el Laboratorio Microbiológico Municipal de Barcelona la mayor parte de su vida.

Este inusual desarrollo científico de ciertos sectores de la medicina española es importante porque muchos puertorriqueños obtenían su educación médica ahí, como tradicionalmente habían hecho durante el periodo colonial español. Dos figuras puertorriqueñas centrales que trabajaron con Ashford, Pedro Gutiérrez Igaravidez e Isaac González Martínez, habían estudiado en la Universidad de Barcelona en la década de 1890. González también había trabajado para Ferrán entre 1895 y 1897. Consecuentemente, se puede ver que la división cultural entre los científicos metropolitanos y los de la periferia no era tan grande como la que existía en Hong Kong. Los puertorriqueños ya habían estado adquiriendo diferentes elementos de la medicina moderna.

Ashford también tuvo un alto nivel de apoyo político en Puerto Rico después de la Guerra Hispanoamericana por las experiencias que EEUU había tenido con las enfermedades tropicales. Durante este periodo, el poder político de la Isla recaía principalmente en manos de los gobernadores nombrados por el Presidente de los EEUU, en vez de aquellos políticos elegidos por el pueblo. Estos gobernadores, generalmente, reconocían la importancia de la medicina tropical como resultado de los éxitos recientes que estos obtuvieron en Panamá, Cuba y en el sur estadounidense. Bajo el liderazgo del gobierno militar de Leonard Wood, quien también era médico, los médicos estadounidenses en

Rodrigo Fernós

Cuba descubrieron el vector responsable de la fiebre amarilla: el mosquito *Aedes aegypti*. Aunque esta enfermedad y la malaria impidieron el esfuerzo francés de construir un canal en Panamá bajo el liderato de Ferdinand de Lesseps, los estadounidenses fueron exitosos en su esfuerzo cuando William Gorgas pudo mantener tales enfermedades bajo control durante la primera década del siglo XX. La profesión médica en los EEUU también estaba pasando por cambios profesionales, como la consolidación institucional, dándoles así más legitimidad social de la que anteriormente tenían.

El efecto acumulativo de estas experiencias fue hacer que el liderato político tuviese mayor conciencia de la necesidad de otorgar la autoridad legal requerido por los médicos para efectuar su misión, en comparación con la actitud del liderato inglés en Hong Kong hacia la medicina occidental.²⁵⁹ Inicialmente, Gorgas no pudo batallar exitosamente con las enfermedades tropicales precisamente porque la persona a cargo del proyecto no reconocía la importancia de su trabajo para el éxito del proyecto. Theodore Roosevelt, eventualmente, se percató de estos problemas y nombró a John Stevens como nuevo director en 1905 al igual que otorgarle más poderes a Gorgas. Del mismo modo, Wood fue nombrado gobernador militar de Filipinas en la década de 1920. Este ambiente favorable político, en el cual la medicina estadounidense se encontraba durante el primer tercio del siglo, tendría un efecto beneficioso en las relaciones entre Ashford y los gobernadores externos de “Porto Rico”.

Cuando Ashford y su co-investigador, W. W. King, criticaron la tardanza del apoyo gubernamental de la Isla en 1903, hubo una respuesta inmediata. El gobernador William Hunt y Regis Post, presidente del Comité Ejecutivo, sobrepasaron las normas avenidas de financiamiento para otorgarle a Ashford el dinero que necesitaban para su primera “campana” de 1904. El gobernador Hunt también pudo conseguir que el ejército de EEUU diera de alta temporario a Ashford para que pudiese participar legalmente en la Comisión. Un problema parecido ocurrió cuando Ashford fue nominado como Comisionado de Salud Pública en 1911. Dado la posibilidad de perder su posición militar, una ley orgánica fue otorgada por el congreso local, permitiendo que Ashford participase en puestos tanto civiles como militares. La influencia política de Ashford era tal que, algunas veces, sus acciones rayaban en lo excesivo. Cuando insistió en escoger los oficiales de la comisión, el entonces gobernador George Colton, quien legalmente tenía este poder, inicialmente accedió al pedido de Ashford, sólo para inmediatamente retroceder. Aún después que Henry Stimson, Secretario de Guerra estadounidense, objetó los pedido extra-legales de Ashford, Ashford pidió su aceptación contingente a su control de subalternos. Aunque Ashford “perdería” este conflicto administrativo, sus acciones sugieren el tipo de influencia que tenía en la política local. Cuando Colton se quejó que Ashford estaba tratando de usurpar su poder, Ashford respondió que también le habían ofrecido el puesto de gobernador, sugiriendo algún tipo de igualdad entre

ambos. Es inconcebible que Manson jamás hubiese tenido este tipo de influencia sobre el gobernador Hennesy en Hong Kong.

Pero Ashford también tenía un gran nivel de influencia sobre el liderato político de la Isla, probablemente debido al éxito de su trabajo a través de toda la Isla. Obviamente, al erradicar de la nación una enfermedad tan prominente, obtuvo un nivel de confianza popular y respeto que Manson nunca recibió cuando residía en Hong Kong. Este prestigio social le dio a Ashford poder político; aún cuando las autoridades estadounidense vacilaban si otorgar el financiamiento para el trabajo de Ashford, la legislatura puertorriqueña rápidamente otorgó estas cantidades. Los políticos locales, como Antonio R. Barceló, promovieron activamente el trabajo de Ashford. Cuando el éxito de la *Porto Rico Anemia Commission* fue evidente, la legislatura pasó una ley en 1905 otorgándole \$50,000 cuando solamente se había solicitado \$15,000.

El financiamiento público de su programa continuó a aumentando junto con su éxito; a medida que el número de muertes disminuyó de unos 11,875 en 1900 a 1,758 para 1907, su bolsillo monetario aumentó. Para 1911, la Asamblea Legislativa financió el Servicio Insular de Sanidad. En 1912, se estableció el *Institute of Tropical Medicine and Hygiene*, el primer instituto de investigación médica de Ashford. En 1924, una resolución conjunta por el gobierno local crearon en papel la Escuela de Medicina Tropical. La Escuela de Ashford fue financiada principalmente por la legislatura puertorriqueña, a pesar del hecho de que estaba bajo control por la Universidad de Columbia y su propósito no había sido inicialmente para el adiestramiento de doctores de origen puertorriqueño. La escuela tenía un pequeño hospital con 56 camas al igual que laboratorios de bacteriología, inmunología, zoología médica y anatomía patológica, entre otros. Mientras la Universidad de Columbia pagó el salario del director y de tres profesores, la legislatura local cubrían unos \$30,000 en gastos anuales y otorgó \$100,000 para el diseño y construcción del edificio. Para 1954, dos años después de que la Isla adquiriera mayor autonomía política, los líderes políticos transformaron la Escuela de Medicina Tropical de Ashford a una escuela de medicina, un centro médico de escala más ambiciosa y con requisitos fiscales mayores.

Conclusión

El progreso de la ciencia no puede ser entendido sólo por el descubrimiento de nuevas ideas y hechos. Los científicos operan en ámbitos sociales que, de alguna u otra manera, sirven para impulsar o retrasar su trabajo. Los casos de Patrick Manson y Bailey K. Ashford ilustran el impacto social en el desarrollo científico. El reconocimiento social de su trabajo no coincidió con su mérito científico. De otra manera, se esperaría ver a Manson recibir fama y reconocimiento público en la China y a Ashford convertirse en un médico común. Aunque la *summa científica* busca contestaciones eternas, el reconocimiento social de sus descubrimientos es un proceso lento, marcado

Rodrigo Fernós

por conflictos regionales, intereses a corto plazo y los antecedentes históricos. El individuo no es coigual de lo social y la aceptación de una idea científica no es inmediata o segura, no importa cuán verdadera sea. Las diferencias entre el descubrimiento y el reconocimiento público son parecidos a las diferencias entre la invención y la innovación en la historia de la tecnología. En la última, la creación de nuevos mecanismos no es una garantía incondicional de la prosperidad económica del inventor o de la entrada de ese mecanismo a la vida social.

El padre de la medicina tropical, Patrick Manson, fue rechazado por la sociedad local a pesar de que estaba inventando una nueva ciencia. Curiosamente, el reconocimiento de su trabajo también fue inicialmente incierto a su regreso a Inglaterra. La falta de investigación y desarrollo institucionalizado y coordinado significó que la suerte afectaría la existencia de su programa de investigación. En China, no obstante, la división social era demasiado grande como para que Manson pudiese haber obtenido reconocimiento público. La cultura, las fuerzas políticas y hasta la demografía eran factores demasiado abrumadores para batallar. Sus observaciones sobre otros científicos que había conocido en China quizás describe mejor sus propias circunstancias.

He conocido en mi tiempo uno, dos, o quizás tres...héroes médicos El Cid...hombres quienes se han enterrado completamente en algún miserable y aislado pueblo...lejos de todas las comodidades...[de] la camarería, la simpatía humana y el estímulo profesional....[Pero] mi pensar fue “!Que pena!”...ver tanta energía, conocimiento, talento...malgastado o utilizado a medias en el esfuerzo aislado sin coordinación.

Se podría argumentar que, si la demografía de la filariasis hubiese sido más prevalente, la influencia política de Manson podría haber sido mayor, más parecida a la de Ashford. Pero las circunstancias, otra vez, se opusieron a tal fin. La extensión de una cura milagrosa a China, que le hubiese brindado a Manson el prestigio y legitimidad social que obtuvo Ashford, fue inhibido por su gran tamaño.²⁶⁰ El hecho es que Manson nunca pudo haber llevado una cura a una región con tanta diversidad epidemiológica, que de otra manera hubiese demostrado ampliamente la validez de la ciencia occidental. En contraste, el pequeño tamaño de Puerto Rico, al igual que su distancia física y climatológica de España, crearon un tipo de experimento médico. Como la enfermedad predominante fue circunscrita por la economía local, su cura por lo tanto sería definida localmente. Su descubridor se convertiría en un héroe nacional, sea o no de origen local. Con la eliminación

de la uncinariasis de la Isla, fue evidente para la población local y todas las facciones políticas que la ciencia era útil.

Circunstancias favorables, por lo tanto, fueron elementos que promovieron el éxito profesional de Ashford, y, últimamente, la difusión de la ciencia en la Isla. El control político estadounidense, la cultura del jíbaro y una legislatura local que reconocía la ciencia como útil por lo que la financiaba fueron elementos esenciales en el establecimiento comparativamente temprano de la medicina tropical en Puerto Rico. No se puede negar que el descubrimiento de Ashford obviamente sirvió de base a su fama. Anomalías en el tratamiento de la enfermedad le sugirieron a Ashford que no se trataba de la anemia identificada por doctores criollos y españoles. Si la enfermedad hubiese sido creada por la deficiencia de comida, la asistencia nutricional después del huracán San Ciriaco, la hubiesen erradicado. No obstante, el éxito político de Ashford descansaba en laureles de pobres fundaciones científicas, creando una imagen mítica del hombre. Irónicamente, al servir como base para el establecimiento de instituciones en la Isla, este mito científico también ayudó a convertirlo en una realidad viviente.

Capítulo 24

LA INDUSTRIALIZACIÓN EN AMÉRICA LATINA: MÁQUINA Y MENTE

*El estado actual de las naciones es el resultado de la acumulación de todos los descubrimientos, invenciones, mejoras, perfecciones y esfuerzos de todas las generaciones que han vivido antes que nosotros; forman el capital intelectual de la raza humana corriente, y cada nación por sí misma es productiva solo en proporción en la cual han sabido como apropiarse de dichos logros de las generaciones antecedentes y mejorarlos por sus propios esfuerzos.*²⁶¹

—Friedrich List (1841)

Hay una relación cercana entre el desarrollo científico y el desarrollo tecnológico. Se puede observar, por ejemplo, una alta correlación entre los científicos que reciben premios Nóbel, y los países desarrollados como Alemania, Estados Unidos y el Japón. Los científicos de los países desarrollados tienen una mayor probabilidad en recibir un Premio Nóbel que aquellos de los países subdesarrollados. Japón, a pesar de su modernización relativamente tardía y su pequeño tamaño geográfico, tiene un alto número de premios Nóbel, substancialmente más que América Latina.²⁶²

Las razones no son difíciles de detectar. Es evidente que el desarrollo tecnológico mejora la economía y, por lo tanto, le provee más fondos al científico del cual operar. Igualmente, el desarrollo tecnológico sugiere que mejores tecnologías están a la disponibilidad, que amplía la posibilidad de nuevos descubrimientos. Nuevos instrumentos tales como el tubo de rayos catódicos, el espectroscopio, el microscopio electrónico, o el telescopio Hubble abren nuevas áreas al científico, desde lo más pequeño (microscopio electrónico) hasta lo más grande (telescopio Hubble). Las mejoras en los telescopios nos han enseñado mucho sobre los anillos de Saturno, que con baja amplificación parecía ser una forma alargada del planeta. El descubrimiento de que el universo consistía de algo más que nuestra vía Láctea por Edwin Hubble se debe en parte a la construcción del telescopio Hale de 100 pulgadas al principio del siglo XX, el cual Hubble usó para sus estudios.

Pero la relación entre la ciencia y la tecnología es más complicada que los ejemplos sugieren.²⁶³ Las nuevas tecnologías pueden sugerir nuevos tipos de preguntas, que en sí estimulan el desarrollo científico. La nueva ciencia de

la termodinámica y sus leyes—la conservación de energía, la tendencia a la más alta entropía (desorden) y la imposibilidad de llevar un cuerpo temperatura del cero absoluto—fueron estimuladas directamente por los estudios de las nuevas máquinas del siglo XVIII: el motor de vapor. Hoy en día, el desarrollo de las computadoras está empujando a nuevos descubrimientos en la mecánica cuántica. Pero, la relación es inversamente dinámica en el sentido de que el desarrollo tecnológico no solamente estimula el desarrollo científico, sino que el desarrollo científico estimula los descubrimientos tecnológicos con impactos económicos. Otra vez podemos utilizar el ejemplo del motor a vapor. James Watt creó un nuevo motor a vapor al analizar su proceso científicamente.²⁶⁴ Hay un sinnúmero de ejemplos de las contribuciones tecnológicas y económicas por la ciencia.²⁶⁵

Esta relación dinámica sugiere que el desarrollo científico se debe en parte al desarrollo tecnológico. En otras palabras, un bajo nivel de desarrollo tecnológico implica un bajo nivel de desarrollo científico. El desarrollo tecnológico, o la industrialización, es de los pocos factores esenciales *sine qua non* para la participación en la ciencia moderna. Esto es particularmente esencial en nuestra era de la “ciencia grande”, ya que se caracteriza de tecnologías, instituciones y fondos científicos a gran escala en comparación con lo que le precedía en el siglo XIX.

La Revolución Industrial de Inglaterra

El hecho que la revolución industrial se forma en Inglaterra, el mismo país donde había culminado con la Revolución Científica sugiere una conexión entre los dos. ¿Cuál es, y cómo se vinculan?

La Revolución Industrial consiste de dos revoluciones principales.²⁶⁶ La primera, la más simple en la manufactura de textiles, ocurre entre 1780 y 1830, mientras que la segunda, del motor de vapor y el ferrocarril, surge durante la segunda mitad del siglo XIX, entre 1840 y 1880. Inglaterra inició esta revolución, mientras otras naciones como Alemania y Estados Unidos se industrializaron durante la segunda mitad del siglo para luego sobrepasarla a fines de siglo. Alemania fue estimulada por su industria química (tercera revolución) y Estados Unidos por sus más amplios recursos y la creación de inmensos mercados domésticos. (El fordismo en la industria de automóviles a principio del siglo XX se considera como una cuarta revolución.)

Las características de las dos etapas iniciales son las siguientes. La primera consistió en desarrollos relativamente simples que no requerían mucho saber científico. Se encontraba principalmente en la industria textil, donde pequeños inventos eliminaron las limitaciones que existían en los métodos existentes de producción. Uno de los obstáculos principales era la creación del hilo lo suficientemente rápido para alimentar la producción de la tela.²⁶⁷ Se superó con la creación de la hiladora Jenny la cual permitió la el uso de varios

Rodrigo Fernós

hilos a la misma vez y así aumentando su velocidad del ciclo productivo. El número de máquinas para hilar aumentó de unas 2,400 en 1813 a 224,000 para 1850; para 1835, la tela consistía de un 50% del valor de todas las exportaciones de Inglaterra. A este proceso ayudó la política “*anti-laissez faire*”, que prohibió la importación de telas de India conocida como calicó, desde principios del siglo. En un periodo de tiempo relativamente corto, India se convertiría de un país exportador de tela a un país importador.

La segunda Revolución Industrial fue más complicada. Fue impulsada principalmente por el desarrollo del ferrocarril en Inglaterra. Mejoras a la maquinaria de Newcomen por James Watt dio la posibilidad de un motor más pequeño y eficiente. El ferrocarril fue la industria que más rápidamente creció en la economía, algo como lo que ha sido la industria de la computadora en la económica estadounidense del siglo XX. Aunque el carbón había tenido demanda para calentar las casas, el alto consumo de este material, abundante en Inglaterra, al igual que otros como el acero, el hierro y otros productos, movilizó la economía.²⁶⁸ Su exportación a Estados Unidos ciertamente revolucionó la industria al bajar significativamente los costos de transporte, así estimulando la actividad industrial y económica en un gran número de sectores.

¿Cual, entonces, es la relación entre la Revolución Industrial y la Revolución Científica? No es una directa.

Las leyes de Newton, como tal, no mejoraron la calidad de las máquinas. Esto no quiere decir que no hubo una influencia cultural en términos de la aplicación de su análisis crítico. Escritores como John Desaguliers se expandieron un nuevo tipo de análisis sobre el mundo natural, consistiendo en la medida de diferentes elementos de un sistema. John Smeaton la puso en práctica. Hijo de un abogado, Smeaton dejó la carrera de derecho para entrar en lo que ahora se conoce como la ingeniería mecánica. Revolucionó el diseño de la rueda hidráulica al aplicar el crítico análisis newtoniano.

Se le había asignado la construcción de tales ruedas, pero al leer la literatura relacionada, se percató de muchas contradicciones y confusiones. Mientras unos alegaban que la rueda de impulsión por abajo (la rueda de ímpetu en la que el agua se movía debajo de la rueda) era más eficiente, otros alegaban que era la rueda de impulsión de corriente alta (la rueda de gravedad en la que el agua se mueve por encima de la rueda).²⁶⁹

Smeaton hizo un número de estudios detalladamente cuantitativos para medir cual tenía más poder. Por medio de una polea, midió cuanta agua necesitaba cada rueda para mover o aguantar cierto peso. Usando estos métodos y otros semejantes, Smeaton descubrió que la rueda de gravedad era la más eficiente. Opinó que toda la fuerza se transfería a la cubeta de la rueda, mientras que esta fuerza se perdía al crear una corriente cuando el agua chocaba con la paleta de la rueda de impulsión por abajo. Pero lo mejoró. Resultaba que una combinación del diseño de ambas era la mejor.²⁷⁰

James Watt parecidamente llevó a cabo un análisis riguroso de la máquina de Newcomen. Esta consistía de palancas gigantes usadas inicialmente para sacar agua de las minas de carbón y de hierro. El diseño del Newcomen era muy ineficiente ya que la bóveda donde se calentaba y enfriaba el vapor siempre estaba caliente, así limitando la temperatura máxima y el intercambio de energía que creaba su fuerza. Al instalar una bóveda separada de la principal para el agua fría, Watt se dio cuenta que se podía mantener la bóveda principal en su estado de máxima temperatura. Es decir, el cambio de temperatura del vapor ocurría dentro del “aire” de la bóveda, y no en las paredes de la bóveda. Al enfriarse el vapor, se creaba una presión baja, que halaba la palanca hacia arriba, creando la fuerza para levantar agua de mayores profundidades. Watt, junto con Mathew Boulton, formaron una compañía para promover su nuevo invento. Hicieron una fortuna con este.

Los ejemplos de Smeaton y Watt demuestran que un nuevo tipo de análisis con respecto a la maquinaria se estaba aplicando para mejorar su calidad. Aunque no era una ciencia complicada, hay una nueva cultura intelectual en la mayoría de técnicos. Es quizás interesante señalar que no se hacía distinción aguda en la época entre la tecnología y la ciencia. Hombres como Smeaton publicaron sus trabajos en la *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, por los cuales se les otorgaron los más altos premios de esa institución. El espíritu científico se había extendió a la maquinaria “común”.

La Revolución Industrial tuvo un gran impacto económico e político para Inglaterra. No cabe duda de que la nación se había convertido en la productora industrial del mundo. En 1821 importaba el 70% del algodón producido en Estados Unidos; en 1840 minaba 31 millones toneladas de carbón, mientras que en 1850 transportaba más toneladas de productos que Francia, Estados Unidos y Alemania combinados. Tal poder económico le confirió poder político cuando inició su periodo de imperialismo. Para 1900, Inglaterra controlaba 1/5 de toda la Tierra, cuando los demás países imperialistas e industrializados combinados controlaban solo un tercio del total. Se estima que a principio del siglo XX, Inglaterra llegó a controlar un tercio de toda la población mundial.

La revolución industrial en América Latina

La llegada de la industrialización a América Latina fue tardía y lenta y su carácter fue diferente a la de los primeros países industrializados. Mientras que Europa y América del Norte se industrializaban durante el siglo XIX, la economía de América Latina se caracterizaba por la exportación de materia prima, sea por productos agrícolas tales como el café (Brasil) o el azúcar (Cuba), o productos minerales como el cobre (Chile). Otros productos caían en una categoría intermediaria, como el guano (Perú), vital para la agricultura como fertilizante debido a sus altos niveles de fósforo. Un elemento singular

Rodrigo Fernós

de la mayoría de estas economías era la tendencia al monocultivo, o la tendencia hacia una economía con un bajo nivel de diversidad en su actividad económica. Aunque se desarrollaron algunas industrias a principios del siglo XX, tendían a ser de poca sofisticación, como por ejemplo las comidas y bebidas.

Existieron durante principios del siglo las industrias caseras, productores de textiles, que podrían haber impulsado el proceso de industrialización. Pero, de forma similar a los hispanos en Estados Unidos después de la Segunda Guerra Mundial, estos protoindustrialistas mantenían sus negocios a pequeña escala. Utilizaban capital familiar, no tendían hacia la innovación tecnológica, al igual que carecían de influencia en los círculos de gobiernos dominados por la elite agrícola y minero.²⁷¹

También se observa que ciertos productos “naturales” tienden a estimular una actividad industrial sofisticada, como el cobre de Chile o la carne de Argentina, que requerían industrias secundarias para procesar estos materiales una vez aislados para su exportación. La industria ganadera en Argentina, por ejemplo, estimuló el desarrollo de tañerías. Argentina pudo haber entrado a una etapa más sofisticada de industrialización durante este periodo, pero no lo hizo por varias razones, entre las cuales estaba la ideología dominante de John S. Mill sobre la división internacional del trabajo. De acuerdo a Mill, los países sólo debían producir aquellos productos de los que tenían una ventaja natural; las obvias ventajas de la región (las pampas) mitigó lo que hubiese sido una industrialización temprana.

La industrialización de América Latina ocurrió principalmente durante las décadas de 1950 y 1960 bajo la influencia de Raúl Prebisch en la reconocida Comisión Económica Para América Latina (CEPAL). En comparación con la industrialización británica que ocurrió a pequeña escala por iniciativa privada, la industrialización en América Latina ocurrió principalmente bajo el fuerte brazo del Estado mediante el proceso llamado ISI o industrialización por sustitución de importación. Bajo la filosofía de dependencia, el Estado creó nuevas industrias protegidas por medidas arancelarias en un sinnúmero de áreas independientemente de si eran económicamente viable. La idea principal era dirigir a la nación por las cuatro etapas de la industrialización, en las que se moverían desde la producción de artículos perecederos a la última etapa en la cual consistiendo en la producción de maquinaria para hacer maquinaria.²⁷²

Desafortunadamente, la estrategia no dio resultados esperados debido a que creó industrias que eran ineficientes, enormes, y plagadas del pensamiento burocrático. Como estas producían a un costo sustancialmente más altos que las del extranjero, irónicamente tuvieron un impacto negativo al consumidor local debido a que el ingreso per capita era más bajo que el de los países industrializados. En otras palabras, estaban creando productos de inferior calidad a un precio más alto para consumidores con un menor ingreso.

Debido al fracaso de estas política, se rechazó las conclusiones de Prebisch durante la década de 1970, en la que hubo un regreso al liberalismo constituido por la exportación de materia prima al mundo externo—política que ha cambiado relativamente poco desde entonces. Hoy en día, el porcentaje de la economía dedicada a la manufactura es pequeña en comparación con los países desarrollados (un 24.5% en América Latina en 1990) y también se encuentra en una posición intermedia entre los países de alto y de bajo ingreso. El producto interno bruto promedio de América Latina de \$1,950, en comparación con \$340 de África en el sur de Sahara y \$3,666 de EEUU en 1990—y por lo tanto su detestada clasificación como “segundo mundista”.

Brasil y México son los más industrializados de la región, generando un 40% y un 23% respectivamente del total de productos industriales en 1990. Los países más pequeños han sufrido por su tamaño, ya que, al tener un mercado relativamente pequeño, no estimula el desarrollo de la producción a grande escala. La apertura de mercados comunes tuvo un impacto negativo desproporcional en estos países pequeños. Como tenían pocas industrias, y las que tenían se encontraban en un estado relativamente primitivo, no pudieron competir con las industrias avanzadas de aquellos países más grandes. Previamente descrito, la importación de productos de menor calidad a más alto precio debido a las ineficiencias de producción hirió estos importadores netos.

Las consecuencias son fáciles de detectar, tal como el conflicto militar que ocurrió entre Honduras y El Salvador después de un juego de fútbol que resalto resentimientos profundos entre las dos naciones. Honduras se vió en la posición de tener que comprar llantas o gomas de El Salvador a un precio más alto del que había pagado a compañías internacionales. Los hondureños naturalmente estaban disatisfechos con los acuerdos.

Los ferrocarriles

El desarrollo del motor de vapor tuvo un sinnúmero de repercusiones tanto en la economía como en la ciencia europea. Watt utilizó la ciencia para mejorar el diseño del motor, mientras que Sadi Carnot uso el motor para crear la ciencia de la termodinámica. El motor de vapor fue un motor de progreso científico y económico, figurativamente y literalmente.²⁷³ Desafortunadamente, el impacto del ferrocarril en América Latina fue uno mixto.

Hubo un sinnúmero de problemas con la transferencia de su tecnología. Al ser introducida y controlada por extranjeros, no estaría atada a la ciencia local, como veremos en el caso de Cuba.²⁷⁴ En algunos países latinoamericanos, el poco impacto económico se debió a la pobre planificación. Gran parte del capital generado por la industria del guano en el Perú (1840-1870) fue malgastado en la compra de productos de consumidores europeos, en vez de la maquinaria para hacer más maquinaria. Igualmente se

Rodrigo Fernós

invirtió en una serie de ferrocarriles sin racionalidad estratégica; se establecieron líneas entre lugares con poca importancia económica. Cuando el auge del guano terminó, no dejó por detrás una infraestructura viable que hubiese continuado a promover una económica dinámica en otras mercancías.

Por otro lado, en aquellos sitios donde los ferrocarriles fueron localizados más racionalmente—Brasil, Cuba y México—se estimuló un periodo de expansión económica genuina. Al reducir el costo de la transportación, los ferrocarriles abrieron nuevos mercados para productores que antes habían sido limitados al mercado pequeño en sus localidades. Sin el ferrocarril, la industrialización en países como Brasil y México no pudo haber ocurrido. Con su llegada es que arriba el desarrollo económico moderno.

El primer tren en llegar a América Latina fue establecido en Cuba, una de las últimas colonias de España. La Sociedad Económica Amigos del País había promovido este método de transporte tan temprano como 1832. Al ser tierra plana en su mayoría, Cuba era buen sitio para su implantación en una economía azucarera.²⁷⁵ El primer ferrocarril establecido fue el de Guinness; terminado en 1838, seguido por un periodo de expansión con un total de 558 km para 1851. El aumento de la economía azucarera durante la década de 1860 estimuló su rápida expansión, con 1,262 km de líneas para 1868.

No obstante, el sistema implantado no maximizó las posibilidades que existirían si se hubiese creado un sistema conectando todas las diferentes líneas. La presencia de pequeños intereses azucareros que impedían el bienestar común dictó un patrón de desarrollo de un sinnúmero de líneas separadas una de otras. Como todos competían en el mismo mercado de azúcar, no querían que sus “enemigos” se beneficiaran de sus inversiones, hecho que también evitó el desarrollo de un sistema de transportación pública en esta era. El impacto negativo de la guerras a fin de siglo dio una transferencia a compañías inglesas que habían hecho préstamos para estos proyectos de infraestructura.

Irónicamente, la transferencia de tecnología a Cuba proveyó adiestramiento a los industriales estadounidenses, que luego usaron para expandir sus negocios por el resto de América Latina, como Percival Farquar, ingeniero adiestrado en la Universidad de Yale quién estableció líneas en Brasil.²⁷⁶ Farquar en Cuba aprendió destrezas sociales hispánicas, que le ayudó a ganar contratos en otros países hispanos.

Facilitado por la dominancia militar de Estados Unidos entre 1900-1903, Farquar construyó una línea entre Santa Clara y Santiago de unas 356 millas atravesando el centro y cubriendo más de la mitad de la Isla a un costo de \$10 millones. Para 1947, la compañía había puesto más de 795 millas en la Antilla mayor. Su firma luego expande, estableciendo una línea para la *United Fruit Company* en Guatemala a un costo de \$7.5 millones. En Brasil, Farquar inicia un sinnúmero de proyectos, varios de los cuales no prosperan. El tranvía de Bahía entre 1905-1913 fue afectado por un motín que destruyó 10 carros, 4

vagones, 800 lámparas de gas, al igual que una planta de energía. La propaganda anti-estadounidense había sido demasiado fuerte.

Farquar había tratado de tomar ventaja del mercado del caucho, sin saber que Brasil rápidamente caería ante la producción de goma en Malasia, la cual había sido desarrollada con semillas de árboles de Brasil. Existían alrededor de 300 millones árboles de goma en la región de Pará, cuyo acceso era impedido por 19 cascadas. Farquar observó que una productiva línea de ferrocarril entre Madera y Mamoré resolvería este problema. Farquar también intentó iniciar otro proyecto con el cultivo de árboles de hevea para producir caucho, formando el *Amazon Development Company* que controlaba 60,000 km de tierra. La caída del valor del producto en 1913 dio al término del proyecto, aunque el desarrollo de la línea había sido un éxito.

La era de los ferrocarriles en Brasil empezó en 1890. Aunque, su crecimiento había sido algo débil debido a la falta de capital. En 1894 el número aumentó a 11,200km, en comparación con los 6,240 km de líneas en 1884. Para 1914 la cifra dobló a 26,060 km. Se podría comparar con EEUU, que en 1895 ya tenía 334,979 km de líneas en 1895 y, en 1915, casi el doble (629,466 km). También, se puede comparar con India, que para 1895 tenía 32,007 km de línea y en 1915 unas 59,585 km.

La entrada del ferrocarril a Brasil estimuló grandemente su desarrollo, ya que fue una de las primeras naciones latinoamericanas en lograr las primera tres etapas de la industrialización para 1980. Los trenes viajaban 30 veces más rápido y podían llevar en 2 a 4 días lo que le tomaría a 13,000 porteros llevar en un año. Fue esta reducción dramática en el costo de la transportación, al igual que sus efectos secundarios tales como la creación de cuerpos de ingenieros y de banca, que impulsaron la economía brasileña al principio del siglo, creciendo a un 4.2% por año—tasa de crecimiento mayor que la de países desarrollados.

Aunque el ferrocarril no produjo a la industrialización, sirvió para movilizar la fuerza laboral brasileña sin empleo, principalmente de la región del noreste que había sido foco de la economía azucarera durante principios del siglo. Los costos de la transportación interna eran tan altos, que era más barato antes del tren movilizar inmigrantes desde Europa.

¿Por qué América Latina se quedó atrás?

Si los ferrocarriles tuvieron un impacto muy positivo en la economía de América Latina, ¿por qué no provocaron una la industrialización mayor? ¿Cual es la razón del persistente atraso tecnológico y económico de la región?

Existen un sinnúmero de explicaciones, del cuales no todas son completamente satisfactorias. Parte del problema es que en el pasado no se había hecho estudios rigurosos, ahora llamados “nueva historia económica” como los que se habían hecho en Estados Unidos durante la década de 1960. Lo beneficioso de estos nuevos estudios es que no sólo se basan en datos

Rodrigo Fernós

analizados y obtenidos rigurosamente, sino que también se han acordado los términos del desacuerdo, en comparación con estudios de la dependencia donde la falta de rigor llevaba a ataques personales no-muy-académicos.

El problema principal con teoría de la dependencia es que no era una dinámica sino estática, asemejándose a las teorías racistas del siglo XIX. Esta categoría de teorías atribuyen causas a elementos ‘universales’ ahistóricos, no pueden explicar satisfactoriamente la caída y la subida relativa de las economías latinoamericanas. Argentina, por ejemplo, quien había tenido una de las economías más favorables al principio del siglo XX, en el 2001 tuvo una economía tan débil que desató una crisis política. Otro problema que tiene la teoría de la dependencia, que atribuye todo mal al “otro” desarrollado, es que se basa en datos incorrectos, como el cambio del precio de productos de materia prima *visa vie* los productos manufacturados. Los economistas están de acuerdo que no existe un patrón claro al respecto. Durante la crisis de petróleo en la década de 1970, la actividad manufacturera en Brasil fue aplastada a medida que el precio del crudo venezolano creció rápidamente.

Se puede observar que el desarrollo económico, o la industrialización, tiene características parecidas al desarrollo científico. Es decir, es una competencia sobre unas metas que no son rígidas sino que están cambiando constantemente. A principios del siglo XIX, la economía de México igualaba a la estadounidense. Pero a medida que EEUU fueron desarrollándose, aumentaron las diferencias económicas entre los dos países. Por lo tanto, la dinámica se puede caracterizar como una relativista: no fue necesariamente que México “decayó”, sino que la economía estadounidense aumentó en una proporción más rápida que la mexicana. Entre 1800 y 1913, la económica mexicana creció 1.5 veces, mientras que la economía estadounidense creció por un factor de 6; cifras parecidas existen cuando se compara la economía de Brasil con la de EEUU. Si las demás economías hubiesen decaído en términos actuales, la economía latinoamericana hubiese aumentado a pesar de que, en términos absolutos, no hubiese cambiado en su totalidad actual.

En otras palabras, la medida actual de una economía no se basa sólo en los procesos internos de esta, sino en una comparación relativa con los demás países del mundo. La presencia de la “pobreza” es un término relativo al nivel tecnológico mundial. Hace 100,000 años todos los humanos tenían relativamente el mismo nivel de “riqueza” en comparación con los actuales, lo que hace el término de “pobreza” inútil en ese contexto. Es solo la presencia de nuevos objetos de mayor sofisticación—la creación de la computadora digital—que permite que un estilo de vida se clasifique como pobre. La ausencia de ciertos tipos de objetos en el entorno doméstico, por ende se utiliza como criterio apropiado para su definición. Esto implica que procesos doméstico en los otros países tienen tanto efecto en nuestra evaluación de las economías latinoamericanas que los procesos domésticos de la misma.

Un factor importante que inhibió su desarrollo económico / tecnológico fue la entrada tardía en el proceso de industrialización, factor

afectado semejantemente por metas en fluidez. Los primeros industrialistas ingleses fueron afortunados en que operaban en un vacío con poca competencia a escala muy pequeña y con necesidades de capital relativamente bajos. Pequeños inversionistas, como el padre de Charles Darwin, podían suplir el capital necesario para tales proyectos. Pero los procesos de industrialización del siglo XX son diferentes a estos primeros en que los niveles tecnológicos son sustancialmente más altos, al igual que la cantidad de capital y la sofisticación organizacional que se necesita para participar competitivamente en este mundo. La inhabilidad de Inglaterra en darse cuenta del nuevo carácter de la industrialización significó que decaería rápidamente entre 1870-1915, a pesar de que, irónicamente, había creado la primera Revolución Industrial.²⁷⁷

Si el desarrollo de la tecnología estimuló el desarrollo científico durante las primeras etapas de la industrialización el siglo XVIII, como el caso del motor a vapor y la ciencia de la termodinámica, el desarrollo industrial durante el siglo XX tuvo aún más ímpetu científico al requerir la masa de científicos y técnicos mayor. En otras palabras, el desarrollo de fuertes industrias en un país implica el desarrollo de una fuerza laboral científica y, por lo tanto, aumenta la posibilidad de nuevos descubrimientos hechos localmente—con consecuentes estímulos a la industria nacional.

La industrias modernas son motores de la economía local debido a que tienden a crecer más rápido que esta, así mejorando la situación económica del país. Mientras la economía de EEUU creció un 4.6%, la industria química creció un 6.3%. Sin la presencia de estas industrias, el desarrollo de la ciencia local, como la química, se cohíbe al carecer estos incentivos. Existe, por lo tanto un sistema o un ciclo de retroalimentación positiva. Si un país no estimula el desarrollo de esta fuerza laboral científica, como hizo Alemania, el desarrollo de su industria estará limitado. Inversamente, si no se promueve el desarrollo de tales industrias, como hizo Alemania con sus leyes de patentes, no ayuda a crear el incentivo para el desarrollo científico, como ocurrió con la química en Alemania. La relación entre la ciencia y la industrialización es cíclica y dinámica, una alimentando a la otra.

Considerando la dinámica de la industrialización “moderna”, se puede entonces notar que se les hace más difícil a los países pequeños industrializarse que a los países más grandes. Al tener un mercado más pequeño y menos recursos, la dificultad aumenta—aunque no se hace imposible. Holanda tiene fuertes industrias a pesar de ser un país pequeño. (Aunque Puerto Rico, igualmente, tiene un sinnúmero de industrias, es difícil clasificarla como “industrializada” debido a que un alto porcentaje de los ingresos generados provienen de compañía extranjeras.²⁷⁸) Los países genuinamente industrializados son dueños de sus industrias, al igual que le suplen insumos intelectuales de la fuerza científica local. Debido a esta ventaja que tenían los países grandes de América Latina—México, Brasil, Argentina, y Chile—la

Rodrigo Fernós

creación de mercados comunes los ha beneficiado predominantemente que a aquellos países pequeños con bajos niveles de industrialización.

Si la industrialización requiere industrias a gran escala, la creación de proyectos y firmas gigantes en Brasil trató quizás de sobrepasar las expectativas. Excedió los criterios de eficiencia industrial. Un número de proyectos han costado sumas enormes, de unos \$1 billones. Una industria tiene que ser grande, pero no puede ser tan grande como para convertirse en un dinosaurio, dinámica vista al principio del siglo XX en la historia económica de EEUU. Aquellas industrias de textiles estadounidenses que operaban a muy grande escala no pudieron cambiar a medida que la tecnología fue evolucionando, por lo tanto, fueron en picada en comparación con aquellas compañías que habían establecido centros de producción más pequeños. Aunque el beneficio de producción en masa ayuda a reducir el costo del producto debido a la dinámica de las economías de escala, una compañía no puede ser tan grande que se le remueve la habilidad de cambiar rápidamente a raíz de las condiciones existentes del mercado y la tecnología.

Pero el mayor problema que tuvo el desarrollo de la industrialización latinoamericana fue que ocurrió bajo un proteccionismo intenso.

Durante un periodo en el mercado internacional creciente, cuando el número de productos industriales importados aumentó rápidamente al nivel global, las naciones latinoamericanas miraron a un aislacionismo, quizás semejantes a Estados Unidos durante el siglo XIX. La región sureña optó por la industrialización pro sustitución de importación (ISI) entre 1945-1970, que efectivamente cerró sus relaciones comerciales con el mundo exterior.²⁷⁹ Aunque se estaban creando industrias a rápida escala, estas no tenían los enlaces al exterior necesarios para una existencia viable, en comparación con las economías asiáticas. Habían sido artificialmente creadas por el estado y, por lo tanto, eran ineficientes. En algunos sorprendentes casos, se creaban productos que tenían poca demanda local.

Algunos economistas criticaron esta política latinoamericana al ignorar la oportunidad del siglo XX, en comparación con las naciones del sureste de Asia, los tales tigres asiáticos, que decidieron producir manufacturas para la exportación, así estimulando sus economías. La lógica de esta política no consideraba a EEUU como ejemplo, que sino se debía a su análisis de los precios comparativos de productos primarios con los productos manufacturados. No obstante, llevó a una decisión errónea, que cuando intentó reversar la tendencia, dio a otras decisiones erróneas agravando más fuertemente el proceso de la industrialización nativa: el neoliberalismo.²⁸⁰

Capítulo 25

LA INFLUENCIA DEL “GIGANTE AL NORTE”: MEDIO SIGLO DE ASISTENCIA TÉCNICA Y CIENTÍFICA

*Pero el proyecto que pusimos a correr hace un
cuarto de siglo no fue un proyecto en vano.*²⁸¹

—Lincoln Gordon (1963)

A pesar de las acusaciones de “imperialismo” que se hagan contra Estados Unidos en la actualidad, no hay duda de que ha promovido el desarrollo de la ciencia y la tecnología en América Latina, elementos cruciales a su soberanía y prosperidad.²⁸² Independientemente de que estos esfuerzos hayan sido fructíferos o si llegaron a realizar las expectativas, tales esfuerzos indudablemente existieron durante el siglo XX cuando Estados Unidos rompió con su política de aislamiento a los asuntos internacionales. La UNESCO, la Alianza para el Progreso, el programa de Cuarto Punto, la Agencia para el Desarrollo Internacional (*AID* por sus siglas en inglés) y la Fundación Rockefeller, entre muchos otros, han jugado un papel significativo en el desarrollo científico y tecnológico de América Latina. La cantidades de dólares estadounidenses que se han repartido en América Latina suman en los billones de dólares. Si se ajusta esta cantidad a los valores de la actualidad y también se incluye la asistencia capital en forma de prestamos, la suma total aumentaría a niveles extraordinarios.

Si ampliamos nuestra perspectiva histórica para incluir el siglo XIX, se puede observar que la ayuda no ha tenido el mismo carácter en los dos siglos. La ayuda estadounidense se ha realizado de varias formas: institucional, científica-técnica y financiera. Naturalmente, esta asistencia ha fluctuado con los recursos financieros disponibles, su poder político internacional y la ideología predominante del país filantrópico.

Esta política científica internacional refleja los patrones que su política científica doméstica. En el siglo pasado que el gobierno central jugó un papel mínimo durante, mientras que la mayoría de las iniciativas las hicieron ciudadanos e instituciones privadas. Al principio del siglo XX aumentó la participación del gobierno federal, pero no entra en su cúspide hasta después de la Segunda Guerra Mundial. La ayuda que se le estaba proveyendo a Europa después de la destrucción de su infraestructura durante la Guerra, proporcionó un nuevo paradigma en sus relaciones con América Latina, a pesar de que los tipos de problemas en las dos regiones eran

Rodrigo Fernós

diferentes. La Guerra Fría con la Unión Soviética también jugó un papel importante en estimular tales esfuerzos. Por último, la asistencia estadounidense durante el siglo XX no se dirigió sólo a América Latina sino a prácticamente todo el globo: China, Japón, Oriente Medio, etc.

Bailey Willis

Como la ciencia al nivel domestico estadounidense creció durante el siglo XIX con fondos privados en vez de públicos, no se puede esperar que la asistencia a América Latina durante esa época se hubiese promovido del erario público. Al principio del siglo XX, dicha asistencia se basaba en actos de ciudadanos o instituciones privadas. El caso de Bailey Willis (1857-1949), un geólogo que trabajó en Argentina entre 1910 y 1920, ejemplifica estos esfuerzos, al igual que sus limitaciones.

Willis tenía un carácter aventurero. A temprana edad, después de haber estudiado geología en la *U.S. School of Mines*, Willis trabajó en la construcción de ferrocarriles en el noroeste de Estados Unidos. Sus viajes por los grandes bosques de Washington y sus travesías con los indios lo enamoró de la vida activa al aire libre y lo transformó en un conservacionista. Quizás fue este sentido de aventura que lo llevó a Argentina, después de haber trabajado en el *US Geological Survey* con el famoso John Wesley Powell en 1884.

Willis viajó a Buenos Aires en 1910 inicialmente para una conferencia científica. Allí demostró que esqueletos “americanos” no eran los más antiguos, como alegaba Florentino Ameghino, un paleontólogo argentino. Fue ahí donde Willis conoció a Ezzequiel Ramos-Mexía, entonces el director de Trabajos Públicos. Ramos-Mexía, quien estaba tratando de modernizar la nación con una serie de proyectos especiales, necesitaba un científico para que le proporcionara datos validos y le asistiera en tales proyectos. Ramos-Mexía quedó tan impresionado por la agudeza y honestidad mental de Willis, que lo contrató inmediatamente. Durante su estadía de casi una década, Willis dirigió estudios hidrológicos, así como diseños de parques industriales y reservas naturales.

A pesar del poder político de Ramos-Mexía, muchos de estos proyectos nunca se completaron. La autobiografía de Willis menciona muchos de los obstáculos que sufrió, drama que se podría categorizar como tragicomedia.

Antes de empezar sus labores para el gobierno de Argentina, el contrato que los burócratas le habían entregado contenía una cláusula diciendo que Willis pagaría todos los gastos del estudio hidrológico. Willis, que al principio no entendía el español, se lo llevó a un geólogo argentino quien le advirtió de dicha cláusula, ya que se había incluido por enemigos de Ramos-Mexía para afectar sus proyectos. Willis al principio también se vio afectado por la excesiva tardía de la nomina salarial y del reembolso por los gastos

incurridos. En una ocasión, se devolvió un pedido de 17,000 pesos porque le faltaba a la carta 5 centavos en estampillas. En otra anécdota, el Director de Irrigación perdió los diseños de una ciudad industrial cerca de Bariloche! (Willis sabiamente había enviado copias y no los originales en una época cuando no existía la fotocopiadora.)

Willis observó que en la política argentina, personas sin ningún saber científico fácilmente obstaculizaban proyectos al poner cualquier tipo de contra-argumentos sin fundación, mientras que el científico se veía forzado a justificar puntos profesionalmente dados como ciertos. En otras palabras, la credibilidad científica podía ser atacada por individuos de alto rango político que no eran científicos, disminuyendo así su estatus social e intelectual, así como gravemente dificultando la labor del científico.

La Fundación Rockefeller

Se puede observar del caso de Bailey Willis que la ayuda científica de Estados Unidos no consistía en desarrollar el nivel de la ciencia local sino de utilizar la ciencia ya existente. Bajo este paradigma, la ciencia se importaba, pero no se generaba localmente. También se puede observar que no fueron programas institucionalizados o cuidadosamente planificados, sino iniciados por individuos que tenían simpatía a la región y un espíritu aventurero. Surgió un cambio poco antes de la Primera Guerra Mundial con la creación de la Fundación Rockefeller en 1913. Aunque todavía predominaba la iniciativa no gubernamental, aumentó la acción institucional organizada. Esta filantropía proporcionó asistencia científica y financiera al desarrollo de la medicina y la agricultura latinoamericana.

El nombre "Rockefeller" crea dudas sobre los méritos y carácter filantrópico de tal organización para algunos. Después de todo, la Fundación está ligada con John D. Rockefeller, magnate de la industria del petróleo a fines del siglo XIX, semejante al Instituto Carnegie. Rockefeller, como Andrew Carnegie, creó un monopolio al establecer agresivamente una corporación verticalmente integrada, una que controlaba varios elementos de su producción como los pozos de petróleo, las refinerías y los medios de distribución. El monopolio Standard Oil no se disolvió hasta 1911, dos décadas después de la creación de la ley antimonopolio Sherman de 1890.

Cuando se fundó la Fundación Rockefeller en 1913, hubo mucha oposición y escrutinio público. Se pensaba que se utilizaría como una treta legal de parte de Rockefeller para evadir impuestos gubernamentales y, por lo tanto, el Congreso de los Estados Unidos estudió muy detalladamente su organización. Rockefeller aceptó ceder control de la Fundación al Congreso si esta actuaría inapropiadamente. Se le impidió que la Fundación invirtiera todo su dinero en una sola corporación como la Standard Oil. Durante las deliberaciones, muchos opinaron que el colocar excesivas restricciones a tal organización sería detrimental al bienestar de la nación, definiéndola como una

Rodrigo Fernós

redistribución pública de la de ingresos privados. En otras palabras, la creación de la Fundación igualaba la creación de un socialismo no-gubernamental. Los fondos se utilizarían solamente para ayudar aquellos que se estaban esforzando; tendrían la acción de estimular iniciativas, pero no de financiarlas en su totalidad. Cuando Rockefeller murió en 1937, la Fundación contaba con \$530 millones. Se puede observar que ha habido poco esfuerzos filantrópicos como los de Rockefeller en América Latina.

El valor económico de la fundación ha cambiado con el tiempo. Cuando tales fundaciones se establecieron, el valor monetario de tales magnates relativo a la economía de la época constituía un porcentaje sustancialmente mayor que el de hoy día. Por ejemplo, la Fundación Carnegie tenía más dinero que 15% de todas las universidades estadounidenses combinadas, inversamente a la relación actual donde la universidades se han convertido en entes corporativos *de facto*. A pesar de que ofrecen dinero “gratuitamente”, los fondos monetarios de estas fundaciones se siguen invirtiendo y por lo tanto sus arcas no se han agotado.

Empezando con unos \$250 millones, la Fundación Rockefeller para 1964 tenía unos \$650 millones, a pesar de que había otorgado unos \$780 millones durante el periodo. Su misión explícita es la de: “promover el bienestar y el desarrollo de la civilización de la población de los Estados Unidos y sus territorios, posesiones y de naciones foráneas en la adquisición y diseminación del conocimiento, en la prevención y alivio del sufrimiento, y en la promoción de cualquier y todos los elementos del progreso humano”. El objetivo principal no es la creación de nueva información, sino la diseminación de los descubrimientos ya realizados.

La Fundación estuvo involucrada en la reducción de la incidencia de enfermedades tropicales en América Latina durante la primera mitad del siglo XX. En 1919, ayudó al Instituto Oswaldo Cruz a combatir la fiebre amarilla, que resurgió en Río de Janeiro después de su control por Cruz en 1904. Para 1923, había invertido medio millón de dólares para combatir la fiebre amarilla en México, suma que aumentó a \$750,000 para 1941. En esta campaña, iniciada en 1921, eliminó 77% de la incidencia dentro de los primeros ocho meses de operación. En su campaña en contra de la malaria a través de las dos Américas, invirtió unos \$2.3 millones durante la primera mitad del siglo.

Por medio de donaciones, la Fundación Rockefeller también ayudó a desarrollar la investigación científica dentro de la región, a pesar de que no es una de sus funciones principales. Entre 1951 y 1955, por ejemplo, otorgó unos \$90,575 dirigidas hacia la investigación fisiológica en Perú; su total durante la primera mitad del siglo fueron unos \$250,000. Cifras parecidas fueron otorgadas a otras naciones latinoamericanas: \$202,000 para Argentina; \$202,000 para México y \$128,000 para Brasil. Debido al bajo nivel de inversión de los gobiernos de la región en la ciencia local, se observa que tal inversión fue una tremenda ayuda para los científicos latinoamericanos. Como

vimos, las condiciones laborales de instituciones académicas y el ambiente económico típicamente ha resultado en una excesiva carga docente.

El Programa Cuarto Punto de Truman

Se puede observar otro cambio en el carácter de la ayuda estadounidense a la ciencia de América Latina poco después de la Segunda Guerra Mundial.

La destrucción casi completa de muchas ciudades europeas había originado el Plan Marshall, plan de reconstrucción de Europa iniciado por Estados Unidos. Inyectando \$17 billones a la infraestructura europea, el Plan Marshall puso a Europa de pie otra vez al atacar algunas de las causas que habían llevado a la guerra en un principio, como la deprimida economía alemana.

Parecidamente, la idea surgió de que se podría iniciar un tipo de plan parecido para las regiones más pobres del mundo, impulsada por periodistas estadounidenses. La pobreza del mundo, como la de Puerto Rico en 1949, era sustancialmente mayor de los que es hoy día. Se pensaba que una de las causas principales era la falta de la ciencia y la tecnología; por lo tanto, si estos medios se podían difundir, entonces estas naciones podrían desarrollar económicamente por su propia cuenta. El Presidente Harry Truman creó el Programa del Cuarto Punto, así llamado porque fue el cuarto punto de su charla de inauguración el 20 de enero de 1949. Aquí empieza la asistencia estadounidense significativa al desarrollo de la ciencia y la tecnología de una manera institucionalizada y dirigida por el gobierno federal.

Fue un programa que casi muere cuando al ser considerado por el Congreso. El proyecto obtuvo mucha oposición por el Partido Republicano, votándose a favor por solamente un voto. En su primer año (1950), se le otorgó unos \$24 millones, pero creció rápidamente, con \$150 millones en 1952. Para 1954 ya estaba recibiendo \$312 millones del gobierno federal. Ayudó a unas 35 naciones del mundo. Se asignó a Henry Garland Bennett como su primer director y la institución que utilizó para coordinar los esfuerzos fue la Administración de Cooperación Técnica (TCA por sus siglas en inglés) de las Naciones Unidas.

En América Latina, se conoció el programa como “servicio cooperativo” y en esta área predominó Nelson Rockefeller como su administrador. La región tuvo suerte porque el programa empezó con instituciones que ya hacían funciones parecidas, como la *Institute of Inter-American Affairs*. En 1940, también se había iniciado el *Interdepartmental Committee on Scientific and Cultural Cooperation* con el propósito de difundir la ciencia en la región. Aunque el Programa de Cuarto Punto de Truman no se originó específicamente para ayudar a América Latina, ella se beneficiaría del mismo.

Rodrigo Fernós

La manera en que se otorgó esta ayuda fue diferente a la que se había brindado en sitios como Cuba al principio del siglo. El gobernador militar del Dr. Leonard Wood instituyó políticas necesarias para la Isla, pero que al instalarse por medio de la fuerza, creó algún resentimiento local, marcado particularmente cuando se traslada a la Filipinas. El Dr. Wood en Cuba, por ejemplo, obligó que todos los propietarios mantuviesen buena sanitación en sus hogares. Igualmente, obligando que se mantuviesen limpias las cisternas de agua potables en los hospitales ya que estaban llenas de huesos, animales muertos y otros desperdicios.

El Programa Cuarto Punto de Truman específicamente evitó este tipo de relación confrontacional al poner los recursos y asistencia técnica inicial, para luego transferirlos a manos locales lo más rápidamente posible. Este método también se había utilizado por la Fundación Rockefeller, descrita por una metáfora típica de la época: así como las bombas de mano necesitan un poco de agua antes de que empezaran a funcionar, la ayuda estadounidense era como el empujón inicial para poder impulsar tales naciones a la prosperidad económica.

Desafortunadamente, el Programa no tuvo el éxito esperado.

El Programa fue duramente criticado por el economista Joseph Schumacher, quien también estaba criticando al historiador Walt W. Rostow cuyas ideas fueron utilizadas como bases para el Programa. Rostow creó una visión simplista del desarrollo en la cual las naciones, a medida que adquirirán ciertos requisitos, llegaban a una etapa de despegue durante la cual eran impulsadas rápida e indudablemente a la modernidad. La económica premoderna creaba un tipo de “techo” invisible limitando su desarrollo; sin una masa crítica de ingreso y consumidores de una economía moderna, la demanda por los productos industrializados se mantenía baja y así el incentivo al desarrollo industrial.

Schumacher atacó estas ideas al señalar que las tecnologías no existían en un vacío y aquellas que se implementaba tenían que ser apropiadas al ambiente social y a las otras tecnologías que existían. Una fábrica de automóviles en medio de la jungla de las Amazonas, con muy pocas carreteras y una escasa población, no sería una tecnología apropiada. El uso de hornos solares en el trópico sí lo sería. Lo que las naciones menos desarrolladas necesitaban, según la opinión de Schumacher, eran “tecnologías intermedias”.

La Alianza para el Progreso de Kennedy

Pero, el Programa de Truman fue demasiado ambicioso. Después de todo, su objetivo era reformar el mundo entero. Un programa más “limitado” en su orientación fue la Alianza para el Progreso de Presidente John F. Kennedy. Este programa fue dirigido específicamente hacia el progreso económico y social de América Latina, donde se invirtieron unos \$20 billones durante la década de 1960.

No obstante, también fue un programa “agresivo” en su intento de reformar la económica latinoamericana por medio de cambios revolucionarios. No consistió sólo de un programa de asistencia técnica o científica, sino que trató de establecer reformas a través de todas las áreas sociales imaginables: la agricultura, la propiedad, la administración gubernamental, etc., sin las cuales la asistencia tecnológica no tendría fruto. Una máquina mal manejada llega a ningún sitio.

La Alianza fue anunciada en 1961 por una celebrada conferencia de prensa en la que Kennedy presentó su “Carta de Punta del Este” (Uruguay), reformulada en una segunda presentación por el Presidente Lyndon B. Johnson en 1967. Se introdujo un capital que igualaba aproximadamente un 4 a 5% del producto bruto nacional, cifra parecida a la inversión que se hizo en Europa después de la Guerra. Es algo difícil determinar cuándo terminó el programa. Aunque no finalizó con el asesinato de Kennedy, decayó lentamente hasta finalmente llegar a la administración de Nixon en una política caracterizada por un “descuido benigno”.²⁸³

La evaluación histórica de los meritos de la Alianza es complicado por la caída de la economías latinoamericanas durante la década de 1970. Se vieron afectadas por un periodo de hiperinflación de un 1,000%, que las llevó a la ruina temporera. Debido este resultado, ¿se puede concluir que el programa de la Alianza fue un fracaso total?

El futuro en este caso esconde los procesos históricos que actualmente ocurrieron. El problema cae en completamente la opuesta conclusión: la alianza había sido demasiado exitosa. Al llevar las económicas latinoamericanas a un grado de prosperidad más alto del que previamente existía, con una tasa de crecimiento de un 3% anual, la Alianza convirtió la región en lugares propicios para la inversión extranjera.²⁸⁴ Una próspera región tiende a retroalimentarse, atrayendo a inversionistas como miel a las abejas.

La gran cantidad de capital generada por la prosperidad petrolera en el Oriente Medio llevó a un flujo masivo de capital a América Latina sin ningún tipo de planificación rigurosa. Mientras que durante la década de 1960, la Alianza forzaba los líderes de estado planificar cuidadosamente su uso de los \$2 billones que recibían anualmente, durante la década de 1970, el costo del dinero se redujo tanto, que unos \$200 billones fueron prestados sin un mínimo nivel de justificación fiscal. La consecuente inhabilidad de estas naciones para pagar la exorbitantes sumas las llevó a imprimir moneda sin valor y, por lo tanto, la consecuente hiperinflación masiva. La falta de disciplina monetaria y económica de parte de estos líderes fue la causa de la caída de sus economías en la décadas que siguieron a la Alianza. La Alianza había sido demasiado exitosa.

Esto no es decir que la Alianza no tuvo problema alguno. Su intento de reformar la estructura social fue algo ambicioso, que severamente chocó con los intereses de la elite latinoamericana. El tratar de redistribuir las

Rodrigo Fernós

propiedades al igual que modificar la estructura contributiva trajo oposición interna que paralizó los esfuerzos estadounidenses. La elite naturalmente se opuso a la creación de una pirámide nacional más equitativa, que por definición reduciría su poder económico y social. El programa había sido planificado por los “nueve sabios” sin la incorporación de especialistas en la región. Experiencias como las de Japón habían sido favorables, pero la región latinoamericana carecía de las mismas motivaciones y estructura social que el país asiático. El intento de unificar mercados, algo que luego se conseguiría, también fue rechazado por conflictos interamericanos, como los que se encontraban entre El Salvador y Honduras, Chile y Perú, y otros.

A pesar de estos problemas, la Alianza se debería de ver como un programa exitoso. Se logró un gran número de las metas particulares. Durante los primeros cuatro años de la Alianza, se construyeron 6,000 millas de carreteras y 130,000 hogares, al igual que se añadieron 530,000 kilovatios de energía, un millón de estudiantes y 450 nuevos centros de cuidado médico. También hay que señalar que la Alianza ayudó a mover la economía desde su típica dependencia de un producto hacia la exportación de productos más variados y, por lo tanto, una economía de mayor diversificación y estabilidad.²⁸⁵

No se debe de subestimar cuánto logró la Alianza, como tampoco se debe sobreestimar lo que pudo haber logrado.

No importa lo que los EEUU hiciera, la responsabilidad primordial en desarrollar América Latina no recaía en los hombros de EEUU sino en la de los latinoamericanos. Eran estos quienes iban a ser la causa principal de su progreso. Es en este sentido, Kennedy entendía que la Alianza siempre iba a ser un programa “marginal”, con una limitada periodo de existencia. Aunque sus propósitos fueron basados en el Plan Marshall, existía una gran diferencia entre ambos programas.

Europa ya estaba modernizada antes de la Segunda Guerra Mundial, hecho obvio pero importante en destacar.²⁸⁶ Tenía las bases de desarrollo que América Latina carecía: instituciones y el capital humano, científico y tecnológico. Por lo tanto, mientras que el caso de Europa consistió en reforzar lo que ya había estado presente en un pasado cercano, en América Latina, la reforma requería una drástica reconstrucción de algo que previamente no existía. La Alianza no fue una “reconstrucción” sino una “construcción”. La dinámica implicaba que la posibilidad de lograr sus ambiciones era sustancialmente menores en comparación con el Plan Marshall en Europa. El programa tomaría un mayor periodo de tiempo, inversión de capital, y asistencia tecno-científica. Las críticas del programa, que el embajador a Brasil Lincoln Gordon trató de contestar, se basaban en estas realidades.

La Alianza también es atacada por ser extremadamente anticomunista y, por lo tanto, cargada de motivaciones contradictorias.

No hay duda de que el comunismo jugó un papel en el pensamiento y estrategia del gobierno de Kennedy. Se pensaba que, a manera que una economía se empobrecía, tendía a mover la política de sus respectivos países hacia un patrón de gobierno comunista o socialista, tal como había ocurrido en Europa al finalizar las dos Guerras Mundiales. La ayuda y la rehabilitación de la economía tendía a eliminar este espectro ideológico de la política nacional. Pero no se debe sobrestimar el papel que este elemento ideológico de la Guerra Fría jugó en el pensamiento de Kennedy. Tales proyectos como la Alianza ya habían sido propuestos por líderes gubernamentales de la región. Para 1958, el presidente Juscelino Kubisheck de Brasil había propuesto una “Operación Panamericana”, un programa de ayuda financiera por 20 años con un total de \$40 billones.²⁸⁷

Un dato curioso del programa fue la influencia que Puerto Rico tuvo. La prosperidad que la Operación Manos a la Obra había otorgado a la Isla durante la década de 1950 ayudó a estimular la formación del programa de la Alianza. La creciente industrialización por invitación fomentó una drástica mejora en la economía local, aliviando la intensa pobreza que entonces existía en la Isla. Teodoro Moscoso, quién forjó la política pública logrando estos cambios, fue invitado a ser miembro íntegro de la Alianza. En vez de usar el logo del Estado Libre Asociado puertorriqueño, “pan, tierra, libertad”, el programa latinoamericano optaría por otro similar: “techo, trabajo, tierra”.

Proyectos después de la Alianza

El estímulo que los Estados Unidos ha tenido en el desarrollo científico y tecnológico en América Latina se extiende a través de programas no específicos a la región. La UNESCO, formado principalmente para facilitar el intercambio de científicos del mundo, ha jugado un papel significativo. Su estímulo a proyectos que se harían difícil para una sola nación, como los estudios oceanográficos y meteorológicos han estimulado su ciencia.²⁸⁸ La incorporación de estudiantes del extranjero a las mejores escuelas graduadas del mundo en los EEUU también ha sido de gran beneficio, aunque quizás a veces ambiguo debido a la tendencia de la fuga de cerebros y otras tendencias.²⁸⁹ A pesar de estos elementos, no cabe duda de que la relación en general ha sido beneficiosa para los científicos latinoamericanos.

El número total de dichos programas es cuantioso. Algunos incluyen: *Agency for International Development (AID)*, el *Directorate for Scientific, Technological, and International Affairs (STIA)* dentro de la *National Science Foundation (NSF)* estadounidense, la *Board of Science and Technology for International Development (BOSTID)* dentro del *National Academy of Science*; los *Volunteers in Technical Assistance (VITA)* formado por empleados de la *General Electric*, la *United Nations Financing System for Science and Technology for Development (UNFSSTD)*, el *World Health Organization (WHO)* y otros. El *Inter-American Development Bank* estima que Estados

Rodrigo Fernós

Unidos otorgó unos \$900 millones a la ciencia y tecnología de la región entre 1979 y 1984. De 1946 a 1997, *US AID* proveyó unos \$37.5 billones.²⁹⁰ De los \$446 millones que *US AID* rindió a América Latina para la ciencia, 72% se destinaron para dos campos: la medicina y la agricultura. Las cantidades que los Estados Unidos otorga a instituciones internacionales refleja su nivel de apoyo, creando un conflicto entre control de estos fondo entre del donante y la nación que recibe tal donación.²⁹¹

ASISTENCIA DE AGENCIAS MUNDIALES (1983)	\$ (US)
ONU	\$322M
Organizaciones Interamericanas	\$86M
OPS	\$28.5M
OEA	\$46M
Todas	\$525M

El tipo de asistencia ha variado con los diferentes gobiernos que han asumido el poder. Mientras que el presidente Jimmy Carter enfatizaba la ayuda humanitaria, el gobierno de Ronald Reagan drásticamente redujo el énfasis a la alta tecnología. El segundo temía que los últimos adelantos cayesen en manos de los comunistas, por lo que aumentó la asistencia militar. La presidencia de Bill Clinton cambió el rumbo y favoreció la transferencia de alta tecnología.

Conclusión

Cabe de preguntarse, ¿porqué Estados Unidos ha sido tan generoso en otorgar fondos a la región, creando quizás una potencia rival a su hegemonía?

La contestación no es muy difícil de encontrar. No tenemos que buscar a complicadas teorías que asumen las peores motivaciones de individuos que han querido mejorar el mundo. La contestación es simple: hace sentido. Lo que beneficia al prójimo también le beneficia a uno; la economía mundial no era una suma-cero. Para entender este punto quizás es mejor ver al caso de la China.

A principios del siglo, se opinaba que China iba a ser el próximo gran mercado. Con la población más grande del mundo entonces, unos 400 millones, se estimaba que los que abrirían sus puertas económicas se harían ricos. Hipotéticamente, con tan solo vender (y obtener) \$1 de cada persona, acumularía \$400 millones. Otros proponían la creación de bases militares en el Pacífico para proteger este gran mercado potencial. Pero la China fue un mercado que nunca llegó a ser lo que pensaba en la época. La mayoría de los chinos eran demasiado pobres para poder alimentarse adecuadamente y, mucho menos, para comprar mercancía occidental.²⁹²

Un mercado consistiendo en una población afluyente beneficia al exportador porque crea el ingreso disponible para esta población pueda comprar su mercancía y servicios. Como señaló el Secretario de Estado George Shultz en 1980, los países menos desarrollados compran un 40% de productos estadounidenses; una caída de \$1 billón en este mercado significaría la pérdida de 70,000 empleos.²⁹³ Otros argumentos, como los de Robert MacNamara, señalan que las desigualdades de ingresos mundiales creaban tensiones políticas entre las naciones. MacNamara argumenta que la equalización de estos contribuiría a mantener la paz mundial.

Hay muchos que critican el papel que ha jugado Estados Unidos en sus relaciones internacionales. Noam Chomsky, un respetado intelectual en el campo de la lingüística, típicamente argumenta que Estados Unidos ha sido imperialista al promover la dependencia económica de la región. No obstante, en otros escritos Chomsky se contradice señalando que el desarrollo de la ciencia y tecnología del Tercer Mundo es uno de los elementos más importantes para su bienestar social y económico. Mientras que Chomsky, en una mano, arguye que Estados Unidos ha impedido el desarrollo económico por medio de la dependencia, por otra tendría que reconocer que ha promovido el desarrollo económico por medio de su estímulo científico y tecnológico—lo que incrementa la soberanía nacional.

No cabe duda de que, al promover la ciencia y la tecnología, al igual que la redistribución de tierra y reformas del código de impuestos, los Estados Unidos ha tratado de mejorar las condiciones de todos los latinoamericanos, más que algunos de sus propios líderes gubernamentales.

Capítulo 26

LA MIGRACIÓN JAPONESA EN LA CIENCIA BRASILEÑA: ¿DIFUSIÓN DEL PRIMER MUNDO?

*Lamentaremos si en cien años este esfuerzo será en vano.....Es casi imposible impulsar la investigación científica acudiendo solamente a extranjeros.*²⁹⁴

—Cámara de Representantes
(Japón), 1897

Es irónico que Brasil tuvo a principios de su historia el primer observatorio astronómico en América en una ciudad que se convirtió durante el siglo XX en una de las más pobres del mundo: Recife. Su prometedor principio sugiere que quizás su emergente ciencia hubiese llevado la región a una temprana prosperidad tecnológica. Tristemente, la expulsión de los holandeses Brasil a mediados del siglo XVII conllevó la pérdida temprana de un núcleo científico, y un diferente desenlace histórico colonial.²⁹⁵ Inversamente, durante la mayor parte del siglo XX Brasil ha tenido la población japonesa expatriada más grande del mundo, contando con un total de 1.3 millones (2000). Esta hola migratoria ya era visible para 1943.

Se podría asumir que la presencia de esta comunidad durante el último siglo has sido beneficiosa para el desarrollo científico y tecnológico de Brasil. Después de todo, Japón experimentó a fines del siglo XIX un impresionante proceso de modernización rápida. Esta les permitió derrotar a los chinos 1895 y a los rusos en 1904 en una serie de conflictos bélicos, para convertirse en el nuevo imperio asiático a principios del siglo XX. Como en Estados Unidos, la comunidad japonesa en Brasil hoy en día tiene un alto porcentaje de participación en el mundo académico. Constituye un 16% de los estudiantes universitarios brasileños, a pesar de que su proporción de la población total es mucho más baja.

Por lo tanto, se podría imaginar que la emigración de japoneses a la región implicaría una fuga de cerebros o una reversa transferencia de tecnología, desde una comunidad alta tecno-científica a una relativamente más baja. Ciertamente, la migración japonesa ha fomentado el desarrollo brasileño—pero ha sido de un carácter y función muy diferente de lo que datos generales sugieren.

Migración a América Latina, 1880-1945

La migración de los japoneses a Brasil fue parte de movimientos migratorios más generalizados a América Latina y, por lo que hay que analizarla en contexto amplio antes de entrar a sus detalles. Todos los países de la región durante este periodo estimularon la llegada de inmigrantes europeos, tales como Juan Batista Alberdi con su famosa cita: “gobernar es poblar”, aunque no todos los países tuvieron el mismo grado de éxito.

Una de las causantes de la migración fue el aumento en la exportación de materia prima al mercado mundial y su constante necesidad de aumentar la fuerza laboral necesaria para producir estos productos. En Argentina se aumentó la exportación de ganados, el azúcar en Cuba, los nitratos en Chile y el café en Brasil. El estado de São Paulo, por ejemplo, aumentó de tal manera que producía casi el 80% del café mundial.

En Buenos Aires los emigrantes constituyeron un 40% de la población, y en el año 1913, emigraron unos 300,000. En total, unos 3.4 millones emigraron a América Latina entre 1880 y 1931, la mitad de ellos a Argentina, un octavo a Uruguay y una gran cantidad del resto a Brasil. Se estima que sin esta migración, la población total de Argentina en 1940 hubiese sido sólo de seis millones, en lugar de los 13 millones. Estos emigrantes alteraron drásticamente el carácter de las sociedades latinoamericanas.

Migración a Brasil

Brasil se puede considerarse como una nación de inmigrantes debido a que la única población nativa era la indígena, y fueron los portugueses (lusitanos) y los africanos quienes luego poblaron el país. Aún después del periodo colonial, los portugueses constituyeron un porcentaje significativo de la migración entre 1884 y 1970, un 30% (1.5 millones). Durante el periodo de la esclavitud colonial, unos 3.5 millones de africanos fueron transportados a Brasil, una cantidad seis veces mayor que el número de esclavos llevados a Estados Unidos. Esta población claramente tuvo un gran impacto en el pensamiento y cultura brasileña, caracterizada por su predominancia del pensamiento mágico y espiritista como previamente se ha discutido.²⁹⁶ Otros grupos también contribuyeron al total de la población brasileña, que en 1980 consistió de unos 119 millones. Entre 1890 y 1919, 1 millón de italianos y 56,834 alemanes migraron a Brasil. Entre 1819 y 1959, 222,000 japoneses entraron a Brasil, constituyendo un 4% del total.

La migración japonesa es un caso particular, no sólo porque no tenía procedencia europea, sino porque, en comparación con la migración italiana de mayor número, no tendía a regresar al Japón debido a la gran distancia entre ambos países. No obstante, de forma semejante a las migraciones de Europea, las condiciones de la economía doméstica en Japón propiciaron la migración. Entre estas incluyen el aumento de los impuestos, el aumento en el costo de vida y la dificultad de encontrar trabajo fue un estímulo para la migración Japonesa.²⁹⁷

El periodo *Meiji* de Japón: Industrialización

La modernización de Japón ocurrió rápidamente, a diferencia de las naciones latinoamericanas que también comenzaron su industrialización a principios del siglo XX. Japón se convirtió rápidamente en un poder industrial tan fuerte, que tempranamente impulsó un periodo de imperialismo que lo llevó a un conflicto directo con Estados Unidos para la Segunda Guerra Mundial. Lo particular de su proceso de modernización no permite que pueda repetirse de la misma manera en otras partes del mundo. Las lecciones de la historia no son tan fácilmente obtenidas dado el particularismo de cada momento histórico. Hubo varios factores únicos que estimularon su desarrollo, y una comparación con las condiciones de América Latina son ilustrativas.

La sumisión del gran imperio chino ante Estados Unidos en 1842 les concientizó tempranamente sobre la importancia de la ciencia y la tecnología moderna. Irónicamente, se les permitió a los holandeses una participación limitada en varios puertos de Japón, entre ellos el de Nagasaki. Esto creó un importante flujo temprano de ideas y tecnologías occidentales al Japón. El proceso de industrialización también ocurrió en un ambiente político bajo una constante amenaza militar de China, Corea y Rusia. La militarización del país fue un elemento central que fomentó la industrialización japonesa al ayudar a crear una conciencia nacional unificada y estimular industrias de alta sofisticación que demandaban conocimientos especializados, como la metalurgia para la producción de cañones. Se puede comparar esta experiencia con la paz latinoamericana impulsada por la Doctrina Monroe estadounidense. El no tener tal reto afectó la naturaleza de la industrialización latinoamericana, como sugiere Toynbee. Pero no fue el único factor.

La gran diferencia cultural entre el Japón y el Occidente también facilitó el proceso de industrialización de varias maneras. Debido que los rasgos culturales se percibían como parte de un total más grande, la exitosa entrada de un elemento facilitó la adopción de otros elementos de la cultura occidental, como el jabón que drásticamente mejoró la higiene y salud pública. La distancia cultural entre estos también implicó que el proceso de modernización no descartaría los valores y la cultura tradicional. Los elementos occidentales y los japoneses coexistirán sin exclusión mutua, creando un nuevo esquema cultural. En comparación, la similitud cultural entre América Latina y Europa o Estados Unidos propició que la región aceptara sólo algunos elementos individuales, al igual que estimuló su afirmación cultural única. El arielismo latinoamericano serviría como su estampilla cultural única, en comparación con la percepción del materialismo estadounidense.

En términos estructurales, hubo un proceso de dismantelación del feudalismo japonés que precedió y, inadvertidamente, asistió la

industrialización. El establecimiento de una clase media, que había ocurrido antes de la industrialización, fomentó el proceso. En comparación, la predominante jerarquía feudal latinoamericana y el establecimiento tardío de una clase media débil afectaron negativamente su industrialización. Mientras líderes japoneses se preocupaban del bienestar común, los líderes latinoamericanos tendían hacia el exclusivismo elitista. Irónicamente, la falta de una ideología gubernamental exigiendo del mismo el bienestar de la población desventajada económicamente—un seguro social o sociedades benéficas—permitió que el estado japonés invirtiera mayores cantidades de fondos al desarrollo de sus industrias. El proceso industrial tardío de América Latina, donde la política de la sociedad benéfica ya se consideraba como en responsabilidad gubernamental, debilitó los recursos disponibles para fomentar el desarrollo, así atrasando el mismo.

Hubo otros aspectos, algo curiosos, de la experiencia modernizadora japonesa. El mundo académico japonés creó un eclecticismo filosófico, semejante al desarrollado por los jesuitas de América Latina durante el periodo colonial. Las ideas se combinaban sin sentir la necesidad de resolver sus contradicciones. Esto les permitió a los japoneses tener maleabilidad en los negocios y transacciones comerciales con otras naciones. Su flexibilidad asemejaba la de un camaleón, ya que hacían que potenciales aliados comerciantes se sintiesen en su casa al negociar con los japoneses; estos reducían la posible alienación cultural sentida por sus compañeros comerciales. Fundamentales diferencias filosóficas no parecían existir. Similarmente, sus instituciones también daban la apariencia de ser occidentales. La Constitución a finales del siglo XIX sugiere un falso occidentalismo. Aunque su congreso tiene un senado y una cámara de representantes creando un bicameralismo legislativo, los miembros de ambas cámaras no son elegidos directamente por el pueblo.²⁹⁸

El holandés Karel van Wolferen argumenta que el poder japonés está distribuido de forma descentralizada, donde no hay ningún centro responsable por las decisiones. No es dominado por el gobierno, ni por las corporaciones, ni por las aglomeraciones de corporaciones, sino por una mezcla de todos grupo, a la que Wolferen se refiere como el “sistema”. Durante sus negociaciones con los Japoneses, Henry Kissinger señaló algo parecido. Mientras que en la China uno siempre sabía donde estaba localizado el centro de poder y cuanta autoridad tenía un individuo en particular, para Kissinger el proceso de diálogo con los japoneses fue similar al de meter su mano en una cubeta de serpientes. Uno nunca sabía quién le iba a “morder”. Aunque existió un proteccionismo de las industrias nativas, no produjo a industrias ineficientes, como ocurrió en Brasil durante el proceso de industrialización bajo el liderato de Getúlio Vargas a mediados del siglo XX.

El periodo *Meiji*: la adquisición de la ciencia moderna

Rodrigo Fernós

Si la industrialización japonesa no provee modelos apropiados para la modernización latinoamericana, los procesos de la adquisición en ciencia por el Japón rinde ejemplo de cómo se debe de conducir este proceso.

Ya sea distancia geográfica o cultural, los japoneses fueron meticulosos y racionales sobre cómo iban a adquirir y desarrollar la ciencia. Estudiaron los modelos Europeos para evaluar críticamente en luz de su condición nacional. El proceso que fomentó la adquisición científica fue tan fructífero, que para 1900 su nivel científico ya había llegado a paridad con el de Europa. A pesar de su pequeña extensión territorial y de tener una población más pequeña, el Japón hoy tiene siete premios Nobel científicos, el doble de los que tiene América Latina.²⁹⁹

Algo sorprendente del proceso son las características similares a las condiciones de Puerto Rico al principio del siglo XX.³⁰⁰ El científico en general tenía un bajo nivel social; no tenía el mismo prestigio que tenía un médico o un sacerdote sintoísta. Igualmente carecía de poder político e institucional. Durante el periodo Tokugawa, en el cual se estableció la fundación que dirigió la adquisición de la ciencia durante el periodo *Meiji*, los administradores tomaban todas las decisiones que afectaban a la comunidad científica. El estudiante científico tenía que demostrar lealtad y respeto a sus profesores. Es decir, no podían cuestionarlos ni dar opiniones contrarias a las de ellos, apagando la originalidad digna de la juventud. Del mismo modo, se hizo un énfasis en la ciencia práctica remunerativa. La medicina que era la ciencia más predominante y gozó de mayor prestigio cultural; naturalmente recibía los mayores recursos económicos en su sociedad. La astronomía de Copérnico tardó en difundirse, debido en parte a que no se valuaba en China, de donde provenían la mayor parte de los textos científicos antes de la reforma del periodo *Meiji*.

A pesar de estos rasgos culturales, el cambio vino.

Los japoneses adquirieron conocimientos y métodos de pensar nuevos (ciencia) de una forma cuidadosamente estudiada. Antes de tomar cualquier medida definitiva, estos medían las opciones disponibles al igual que establecían normas y metas como punto de referencia para evaluar su éxito. Inicialmente, contrataron profesores extranjeros de un sinnúmero de países, en un proceso que fue algo errático. No obstante, reclutaron hombres distinguidos como John Milne, fundador de la sismología—ciencia “relevante y práctica” debido al alto número de terremotos que los afectaban. Los japoneses pronto se dieron cuenta de que necesitaban crear nuevos profesores científicos a una tasa sustancialmente mayor, por el cual enviaron un sinnúmero de jóvenes al extranjero para estudiar. Fue una experiencia difícil al principio para los jóvenes ya que su gobierno tendía a subestimar los gastos e ingresos necesarios al exterior. Estos fueron quienes establecieron las conexiones del país con el oeste y que formaron el núcleo crítico de la ciencia japonesa.

La manera ponderada y bien planificada con el cual el Japón adquirió la ciencia se ve más claramente en el establecimiento de las instituciones científicas nacionales. La creación de universidades, instituciones que no existían previamente, fue un elemento crucial en la formación de la ciencia japonesa. El gobierno estudió los diferentes modelos, dándole gran enfoque al alemán que había servido como base para la ciencia estadounidense. También evaluaron el sistema universitario francés.

El sistema educacional alemán era descentralizado, en el cual un profesor controlaba el departamento y existían un sinnúmero de universidades donde los estudiantes podían migrar de una a la otra mientras cumplían con los requisitos para su acreditación. El sistema francés, por contraste, era muy centralizado, firmemente dirigido desde París. Los japoneses concluyeron que el modelo alemán no era el más adecuado, ya que su nación carecía de los mismos recursos europeos, prefiriendo la centralización.

No obstante, reconocieron que la hegemonía de la Universidad de Tokio, fundada en 1877, impedía el nivel de competencia que se observaba en el sistema alemán al igual que el inglés. Este generaba una fuerte rivalidad entre las universidades de Cambridge y Oxford—una competencia saludable que creaba un estímulo fructífero para todos los involucrados. Otro factor fue el hecho que la Universidad de Tokio no tenía capacidad para el incremento número de estudiantes graduándose de escuelas secundarias, una cifra cinco veces mayor de la que podía sostener. El sistema universitario de Kyoto se fundó poco después, en 1897.

El cuidado y rigor japonés visto en la creación de instituciones científicas también se puede observar en otras iniciativas. Se seleccionaban profesores de las naciones cuyo eran los más conocedores en sus respectivas disciplinas. Los alemanes, por ejemplo, fueron escogidos para enseñar la bacteriología. Robert Koch, uno de los fundadores de la bacteriología, mantuvo fuertes lazos con estudiantes japoneses. Kitasato Shibasaburo fue uno de sus alumnos. Fue tan fuertemente influenciado por Koch, que imitaba no sólo su personalidad científica, sino también en sus manierismos personales. Kitasato levantó un monumento memorial de Koch en el Instituto de Enfermedades Infecciosas, fundado en 1893. Como Alemania era tan predominante en todas las ciencias a principio de siglo XX, el porcentaje de estudiantes japoneses en esa nación aumentó de un 27% a un 74% entre 1870 y 1914, lo que contribuyó a crear fuertes lazos emotivos entre las dos naciones—al igual que su alianza militar durante en los horrorosos conflictos bélicos del siglo.

El cuidado metodológico también se puede observar en sus estadísticas científicas. Los japoneses estudiaron el número de científicos relativo a la población y economía del país extranjero, que sirvió como un índice de desarrollo. Comparaban las cifras europeas con para obtener mejor idea de dónde estaban situados en el contexto global de la ciencia. Observaron, por ejemplo, que mientras Japón tenía sólo dos universidades por cada 40 millones

Rodrigo Fernós

de habitantes, Alemania tenía 20 e Inglaterra por lo menos cinco. También invirtieron en investigación agrícola de acuerdo al ingreso que esta industria generaba. Las cifras de inversión relativo a ingresos eran las siguientes: Japón: .25M yen vs. 700M (0.03%); Alemania 4.27M yen versus ingreso de 4.2B yen (0.10%); y Francia una inversión de 2.76M yen versus ingreso de 4.6B yen (0.06%). Por cada “dólar” (yen) que los japoneses invertían en la ciencia, los franceses invertían el doble y los alemanes más del triple. Estos análisis estadísticos y logísticos ayudaban a establecer claros y justos criterios para la evaluación del desarrollo científico japonés, cifras ignoradas *de facto* por gobiernos latinoamericanos.

Emigrantes japoneses a Brasil, 1908-1945

Suponer que la migración japonesa hacia Brasil constituyó un tipo de fuga de cerebro es hacer una suposición incorrecta. El carácter de la población migratoria fue diferente de lo que uno esperaría.

Entre 1908 y 1940, cuando disminuyó el flujo de emigrantes a Brasil, la migración consistió principalmente de laboradores japoneses para las fincas de café en São Paulo. Es decir, la migración generalmente no consistió de una fuerza laboral diestra, sino de una fuerza laboral no educada. No obstante, a pesar de que los japoneses constituían un 2% de la población, ocupaban un 10% de las plazas disponibles para profesores universitarios.

Como se mencionó, la migración hacia Brasil fue estimulada por varios factores, entre ellos el aumento en la demanda de la mano de obra agrícola debido al aumento de la demanda en el mercado internacional por el café brasileño. El cierre de la sociedad estadounidense a los japoneses, de medidas como la ley de exclusión en el estado de California, al igual que el atropello que muchos japoneses sufrieron en Perú, orientó la dirección de esta migración hacia Brasil.³⁰¹

A pesar de los problemas que existían en esa nación, el país era una sociedad más abierta que las dos anteriores. No se regulaban los inmigrantes, no se les previno la compra de tierras, ni se obstaculizó que establecieran negocios. Compañías como la *Kaigai Kogyo Kabushiki Kaishatenian* fueron fundadas principalmente para proteger los japoneses del racismo y el sufrimiento que previas olas migratorias habían vivido en tierras extranjeras.³⁰² Japón prohibió la migración a aquellas naciones que carecían de tratados con esta. Brasil, buscando una nueva fuente de laboradores, rápidamente accedió a sus exigencias.

Las primeras migraciones de 1908, con un éxodo de regreso a su Japón natal de alrededor de una mitad, no fueron las más favorables. Las que siguieron entre 1910 y 1930 fueron más estables en que 2/3 fueron emigrantes permanentes. Los primeros emigrantes se establecieron rápidamente, inicialmente como conductores de taxi y luego con el establecimiento de

restaurantes y mueblerías, algo que llama la atención dada la frugalidad estoica de sus hogares.

Con estas pequeñas compañías y movimientos colectivos, los inmigrantes japoneses empezaron luego a comprar tierras, frecuentemente colindantes a la selva donde los precios eran más baratos y dentro de sus posibilidades económicas, lo que contribuyó a los altas incidencias de muerte que sufrieron en sus primeros años.³⁰³ No obstante, para 1940 los japoneses producían el 46% de todo el algodón, el 57% de la seda y el 75% del té. En total, acontecieron un 30% del total de la producción agrícola brasileña. Tales hechos indican que parte de su éxito se debía no sólo a la apertura de la sociedad brasileña, sino también al alto nivel de disciplina y valorización de trabajo de la comunidad japonesa, rasgo cultural distinto al brasileño.³⁰⁴ La experiencia de los japoneses en Perú refuerzan estas conclusiones.³⁰⁵

El método de formación de capital para los pequeños negocios japoneses dan un tercer apoyo. A pesar del éxito económico de este grupo, no tenían cuentas en los bancos centrales de la nación. El capital fue establecido por medio de la colectivización de los recursos de individuales japoneses, un tipo de cooperativa local. Estas iniciativas no se observaban en la población hispánica del país.

Los japoneses también identificaban áreas con deficiencias en el mercado local y luego se movían para satisfacer su demanda. Por ejemplo, estos importaban productos de tecnología japonesa sencilla al Perú, no iniciadas por el gobierno japonés. Las importaciones incluían productos como platos, baterías y ropa. Vemos en estos grupos un gran nivel de iniciativa y cooperación, rasgos culturales japoneses existentes a través de su historia, y que quizás explica el porqué del “sistema” descrito por Wolferen. Por su ejemplo, se puede observar otro elemento importante de la función del emigrante en el desarrollo de Brasil: la fomentación del intercambio comercial entre Japón y Brasil.

Las relaciones comerciales entre Brasil y Japón, 1945-1993

A pesar de desprecio hacia la segunda y tercera generaciones nippobrasileñas, *nisei* y *sansei* respectivamente, Japón necesitaba urgentemente a Brasil. Japón es una nación de pocos recursos naturales. Se puede obtener una idea de la dependencia de materia prima extranjera de Japón al considerar que en 1979 Japón importó el 75% del cobre producido en el mundo y el 40% del hierro. La fuente de su prosperidad económica reside principalmente en su capital humano.³⁰⁶ La necesidad de materia prima para las industrias emergentes había sido reconocida tempranamente, aunque no fue hasta la Segunda Guerra Mundial que esta debilidad influyó la conciencia nacional. La Guerra motivó una mirada más favorable a la comunidad nippobrasileños de Brasil, principalmente por los recursos naturales de esta.³⁰⁷

Rodrigo Fernós

Después de la Segunda Guerra Mundial, Japón se movilizó al intensificar su relaciones comerciales con Brasil. El porcentaje de su inversión en Brasil creció de un 4% a un 12% para 1980. Entre el periodo de 1951 a 1979, Brasil estuvo en el tercer puesto entre los países que recibieron más inversión extranjera japonesa en industrias como el acero, los textiles y la manufactura de barcos, importante para la industrialización brasileña. Los japoneses invirtieron billones de dólares en megaproyectos, como el complejo industrial de acero USIMINAS donde el porcentaje de inversión del grupo Nipón fue de un 40%. Su inversión total en tales proyectos fue de unos \$3 billones en la década de 1970. Para 1974, Japón se había convertido en la tercera nación comercial más importante para Brasil, después de Estados Unidos y Alemania Occidental.

Estas relaciones industriales también fueron constituidas por la asistencia tecnológica. En 1973, por medio de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (*JICA*, por sus siglas en inglés), Japón proveyó asistencia científica y técnica a la agricultura de soya. Japón ha proveído 35% de la asistencia al desarrollo de la manufactura del acero de Brasil, mientras que su Oficina de Asistencia Técnica (*ODA*, por sus siglas en inglés), otorgó a Brasil unos \$128 millones en 1984.

Esta inversión pudo haber sido beneficiosa para el desarrollo de Brasil, pero ciertos cambios políticos llevaron a Japón a modificar el énfasis geográfico de su inversión, reenfocando esta hacia el sureste de Asia y que provocó un desarrollo rápido de la región. La inflación rampante en la década de 1980 en Brasil, las limitaciones legales a la participación extranjera en las industrias brasileñas, al igual que la gran distancia que existe entre los dos países sirvieron como obstáculo para provocar la retracción de esta inversión. La inversión de Japón en América Latina ha ido gradualmente reduciéndose, desde un 29% en 1964 a un 6% en 1990. Pero no se debe sobreestimar la importancia que esta inversión tuvo en el desarrollo de Brasil.

Japón no estaba interesada en ayudar a desarrollar Brasil como tal; su política pública estuvo motivada por intereses nacionales estratégicos. La mayor parte de las corporaciones que se creaban en Brasil tendían a ser subsidiarias de compañías japonesas y las posiciones de liderazgo nunca se les otorgaban a los *ninsei* o los *sinsei*. Debe recalcarse que el intercambio económico entre las dos naciones también se regía principalmente por la exportación de materia prima de Brasil a Japón, y no de exportaciones de productos manufacturados—lo que hubiese sido un gran estímulo para las industrias locales.³⁰⁸ La relación económica entre Brasil y los Estados Unidos en este sentido ha sido algo diferente. Japón también estuvo interesado en la exportación de industrias de alta contaminación, estimulado por el ministro de Planificación que argumentaba que todavía quedaba mucho por contaminar en Brasil.³⁰⁹

Su exportación manufacturera inicialmente consistía de industrias de bajo nivel tecnológico. Como se ha señalado en otros lugares, la globalización

solamente es buena en la medida en que ocurre una transferencia de tecnología desde el país originador hacia el recipiente. Como esto no ocurrió en Brasil, el impacto de la inversión japonesa en el desarrollo de la ciencia y tecnología brasileña fue mínimo. De todas las inversiones en alta tecnología, un 97% eran de corporaciones extranjeras para el año 1974. Estas pagaban un 6.4% de su producto interno bruto (PIB) en licencias de alta tecnología. La toma de conciencia de su dependencia tecnológica produjo un serie de cambios institucionales, con leyes que buscaban fomentar el desarrollo técnico y científico de la nación para el 1975.

Conclusión

¿Cuál ha sido el impacto de los emigrantes japoneses hacia el desarrollo científico y técnico de Brasil? La contestación puede ser solamente una aproximación debido a que el tema no se ha estudiado a profundidad.

Pueden hacerse varias tentativas concusiones. Los emigrantes trajeron consigo una serie de valores, entre ellos la apreciación a la educación y al trabajo, que les ayudó a destacarse en la economía brasileña. Como la gran mayoría provenían de las clases bajas y agrícolas—su motivación para migrar fue principalmente económico—no ocurrió el fenómeno llamado como fuga de cerebros que se podría falsamente presumir. El segmento poblacional científico de Japón no fue el que emigró hacia Brasil.

No obstante, la presencia de estos migrantes agricultores en la nación brasileña fue más positiva que la de la pequeña migración alemana hacia el sur de Brasil. Mientras que las comunidades alemanas tendían a aislarse, de los migrantes japoneses se habían integraron más profundamente a la sociedad brasileña.³¹⁰ Mediante la aculturación, los *nisei* y *sansei* tendían a desarrollar cualidades más brasileñas que japoneses. Un interesante anécdota relata un sorprendido turista japonés cuando, al tratar de hablar con una joven japonesa en la ópera, no pudo ya que esta no hablaba la lengua. Tampoco demostraba el comportamiento sumiso que se le había enseñado a la mujer japonesa. Esta aculturación fue facilitada por la actitud receptiva de la nación brasileña, mayor aun que la de Estados Unidos.

La migración japonesa también estimuló el intercambio comercial entre Japón y Brasil, que aumentó levemente su relación tecno-científica. Este intercambio fue favorable para Brasil y, bajo un diferente ámbito legislativo, pudo haber dado en sus inicios a una mayor transferencia tecnológica y científica. Con el cambio en el ambiente político y económico, la inversión japonesa en Brasil fue disminuyendo gradualmente, orientándose más hacia sus vecinos en Asia.

Capítulo 27

LA ASTRONOMÍA MODERNA EN CHILE Y PUERTO RICO: ¿ INVASIÓN EXTRANJERA O UNIVERSALISMO CIENTÍFICO?

*Tenias que estar en el lugar correcto, en la época
correcta...*³¹¹

— William Gordon (2003)

Escondido en las montañas de Puerto Rico, el Observatorio de Arecibo es un monumento impresionante y majestuoso, como quizás son todos los observatorios astronómicos construidos después de la Segunda Guerra Mundial. El observatorio radio-astronómico es la unidad individual más grande de su clase en el mundo. Abarca una extensión de 16 cuerdas, se encuentra hundido a 150 pies de profundidad y contiene 38 mil paneles de aluminio. Recibe ondas de radio desde 3 centímetros hasta 6 metros de largo; su sensibilidad es tal que algunos de sus receptores tienen que mantenerse cientos de grados bajo cero. En 1974, Russell Hulse y Joseph Taylor ganaron el Premio Nóbel por su descubrimiento de *pulsars*, utilizando el observatorio.

Algunos alegarían que el majestuoso observatorio es otro ejemplo del imperialismo estadounidense. Construido, financiado y utilizado principalmente por los estadounidenses, el observatorio es otro ejemplo de cómo Puerto Rico es una colonia—en este caso una colonia científica. Se alegaría que el observatorio es lo que se refiere a un *enclave* en inglés.³¹² Con lazos institucionales a la Universidad de Cornell, el observatorio está dentro de la Isla pero no es parte de ella. Los puertorriqueños la miran como objeto de admiración, pero no participan en la mayoría de estudios que se conducen ahí. No lo manejan, ni lo controlan, a pesar de estar en su propio suelo.

Si se usa el modelo del desarrollo científico de George Basalla, se podría concluir que Puerto Rico está en la primera etapa del desarrollo científico llamada “colonial”. Esta etapa se caracteriza primordialmente por una dependencia a la metrópoli. La mayoría de los científicos de las regiones metropolitanas vienen a coleccionar datos, para después hacer el análisis en sus países natales. Inversamente, la mayoría de los científicos modernos en la periferia obtienen su educación en la metrópolis, desorientando su lealtad nacional, tal como ocurrió en el periodo colonial clásico. Aunque el periodo colonial de Basalla se refiere a la historia natural durante el siglo XVIII, se podría decir lo mismo con respecto a la astronomía en el Puerto Rico del siglo XXI. Hubo un cambio de mando, pero no un cambio de sistema.

Desafortunadamente, tales alegaciones distorsionan las dinámicas del observatorio, al igual que fallan en incorporar realidades de la ciencia moderna. Aunque no se puede dudar los hechos señalados, una caracterización apropiada del observatorio no se puede hacer en un contexto aislado y provincial. Solamente cuando se mira al contexto global científico—particularmente el desarrollo de observatorios a mitad de siglo—es que se puede obtener una apreciación más justa.

Como entendemos un hecho depende no tan solo del hecho como tal, sino también del mundo factual que lo rodea. Nuestra ignorancia de estos otros hechos, de la cual casi nunca nos percatamos, afecta nuestra evaluación.³¹³

Breve historia de la astronomía del siglo XX

Cuando se estudia a la cosmología de principios del siglo XX, lo primero que quizás sorprenda es lo poco que había cambiado el entendimiento de la estructura del universo desde el periodo newtoniano, a pesar de la aplicación revolucionaria de la espectroscopia. La imagen del universo se parecía más a la de los griegos que a la versión moderna. No consistía de un gran número de galaxias, sino de una solamente: la Vía Láctea. Se imaginaba que esta era gigantesca y que contenía la gran mayoría de las estrellas del universo. Quizás esta imagen se debe al hecho de que, desde la Revolución Científica hasta fines del siglo XIX, la astronomía consistía de lo que se ahora se conoce como la astrometría, las medidas del movimiento estelar a través del cielo nocturno.

Pero nuevos logros se estaban empezando a obtener durante el siglo XIX con el uso del espectroscopio. La simple herramienta es un tipo de “prisma” que toma la luz de cualquier fuente, y la divide en sus colores primarios como los que se encuentran en el arco iris. Pero, en vez de usar el cristal del prisma, el espectroscopio consiste de una “rejilla”: un pedazo de metal con miles de líneas tajadas que separan la luz en sus diferentes componentes al rebotar de esta. Con la rejilla, se pueden averiguar los componentes químicos de las estrellas y su velocidad radial, o la velocidad de movimiento hacia o en contra de nosotros. La invención del espectroscopio inauguró la astrofísica, muy diferente de la astrometría que le precedía. En lugar de estudiar la posición de las estrellas, como se hacía en la astrometría, se podía ahora estudiar su ¿por qué?: su origen, su naturaleza y su futuro.

Con este instrumento, el científico Edwin Hubble descubrió durante la década de 1920 que, habían muchas otras galaxias además de la vía Láctea, al igual que estas se estaban alejándose desde nosotros de una forma rápida e inusual.³¹⁴ Aquellas más alejadas se movían con mayor velocidad que las más cercanas. El universo era mucho más complicado de lo que se pensaba. Resultaba no ser la entidad estática que se imaginaba.

Rodrigo Fernós

Las observaciones de Hubble no solamente se basaron en el uso del espectroscopio, sino también con el uso de los telescopios ópticos más grandes que existían en su tiempo. El límite de un lente telescopio de cristal ya se había logrado con el Observatorio de Yerkes en Wisconsin, de 40 pulgadas en diámetro. De aumentar en tamaño, tendían a doblarse bajo su propio peso. El usar espejos parabólicos para concentrar la luz hacia un punto focal eliminó el obstáculo en diseño, surgiendo en una explosión de tamaño instrumental. En 1908 se construyó el telescopio Hooker en Mount Wilson, con 100 pulgadas. Para mediados del siglo, se creó el telescopio Hale con 200 pulgadas, 5 veces el tamaño del Yerkes. La rapidez de crecimiento óptico durante el siglo XX se puede entender mejor cuando se considera que el observatorio de Dorpat, el más grande del mundo en 1820, era de 9.5 pulgadas.

La carrera científica del siglo XX en la astronomía ha consistido grandemente en la construcción de telescopios de mayor tamaño y complejidad, un tipo de Guerra Fría donde se batallaba para llegar a los puntos más distantes del universo. En comparación con otros campos, la astronomía en tecnológicamente sensible; pequeñas mejoras tecnológicas rinden grandes frutos científicos. Contrario a la imagen sugerida en películas como *Star Trek* y *Star Wars*, no podemos viajar a las estrellas; probablemente nunca podremos.

Observatorio Astronómico Nacional San Pedro Mártir, México

La historia de la astronomía en México demuestra que no es imposible competir en la interminable “Guerra Fría” de la ciencia. Entre 1850 y 1950, México tenía telescopios relativamente a la par con el resto del mundo. Cuando se construyó en 1979 el telescopio San Pedro Mártir de 2.1 metros, aproximadamente 150 pulgadas, no estaba tan lejano de los telescopios más avanzados de América Latina. Argentina había obtenido un telescopio de 1.5 metros en 1942 y en la década de 1960 de 2 metros. Cuando se inició el proyecto mexicano en 1967, su alcance parecía realista. Estaban orgullosos porque el observatorio de San Mártir había sido un telescopio genuinamente mexicano. Este estaba hecho con un espejo pulido en México, controlado por la administración del país, al igual que guiado por agendas científicas nacionales.

No obstante, no se puede omitir el hecho de que había recibido ayuda estadounidense por casi un siglo, al igual que el observatorio cayó en rápida obsolescencia. La Guerra Fría de la ciencia no es muy amena al patriotismo ciego.

En el siglo XX, el Observatorio Nacional de México tuvo tres etapas separadas, que se pueden distinguir por las localizaciones de sus nuevos telescopios: Tucubaya (1882), Tonantzintla (1942), y San Pedro Mártir (1979). Desde principios del siglo, Harold Shapley del Observatorio de Harvard estuvo involucrado, particularmente en la creación del segundo.

Shapley, un participante de lo que ahora se conoce como el “Gran debate” que tuvo con Heber D. Curtis en la década de 1910, tuvo un tremendo impacto en los científicos mexicanos y, por estos, en la política-pública científica de la nación.³¹⁵ Shapley ayudó a los tres líderes de la astronomía mexicana: Joaquín Gallo, Luís Enrique Erro y Guillermo Haro, directores cuyos términos paralelan la de los tres observatorios.

Aunque Gallo eventualmente se convirtió en un obstáculo para la astronomía mexicana, fue quien había iniciado el contacto con los centros astronómicos de EEUU y Canadá. Miembro del Observatorio Nacional desde 1902, Gallo viajó a América del Norte en varias ocasiones para conocer los líderes de esta astronomía, tales como Shapley. Gallo se dio cuenta de que le era difícil mantener profesionales en México dado a su baja remuneración; estos tendían a emigrar a mejores posiciones en otros países.³¹⁶ Este también abrió la puerta para el adiestramiento de astrónomos mexicanos en EEUU, paso importante para el desarrollo de la astronomía local.

Eventualmente Gallo y Shapley cortarían su contacto personal debido a las diferentes perspectivas que cada uno tenía sobre la importancia de la astrofísica. Gallo era un astrónomo de la vieja astrometría y consideraba, como muchos otros astrónomos de su época, que la astrofísica carecía poder y rigor matemático. En una ocasión se refirió a tal ciencia como una meteorología que no medía la lluvia. Tal fue la fricción, que para la década de 1920, Gallo y Shapley se dejaron de comunicar. Gallo no quiso abandonar el paradigma michelsoniano de la perfección y el detalle—paradigma que le causó numerosos problemas a ambas figuras.

A pesar de su postura conservadora, fue por medio de Gallo que la nueva figura en la astronomía mexicana, Luís Enrique Erro, conoció a Shapley. Visitando a Shapley en varias ocasiones, Erro diseñó con su ayuda el nuevo instituto en Tonatzintla. Fue favorecido por circunstancias favorables al nivel internacional, facilitando sus logros institucionales. La Segunda Guerra Mundial produjo un estímulo hacia Estados Unidos para establecer y mantener buenas relaciones con América Latina, particularmente con México situado tan cerca de esta nación. A la misma vez, Erro fue parte de una generación que revolucionaria a México. Aunque Gallo se opuso vehementemente a la creación de un nuevo observatorio, Erro recibió fondos aparentemente ilimitados del gobierno nacional.

Pero las conexiones políticas de Erro tuvieron un doble filo. Se vio forzado a establecer un observatorio en un lugar no muy favorable debido a que Ávila Camacho, presidente de México, era de la región Puebla. No obstante, con más de \$20,000 (EEUU), obtuvo un reflector Schmidt de 76 cm hecho en el taller del observatorio de Harvard (Shapley) en un tiempo increíblemente corto.³¹⁷ La cámara Schmidt era revolucionaria en su tiempo. Aunque no era un instrumento de precisión, su espejo esférico la hacía un excelente instrumento para obtener vistas panorámicas con un alto nivel de claridad; era una brocha amplia, no fina. El prestigio del observatorio fue tal,

Rodrigo Fernós

que más de 10,000 personas asistieron a su inauguración en 1942. Para la ocasión, Shapley trató de conseguir que Albert Einstein, Enrico Fermi, y Arthur Compton atendieran a la celebración. Estos la atendieron, con la excepción de Einstein, quien se excusó por razones de salud.

A pesar del trabajo que se hizo en el Observatorio de Tonantzintla, su local había sido escogido por razones políticas en vez de científicas, que resultó ser un error a largo plazo. El patronismo latinoamericano favoreció públicamente a la ciencia, mientras que la apuñalaba por detrás. A 13 km de la ciudad de Puebla, el crecimiento de la ciudad rápidamente contaminó el aire con partículas y con su luz urbana. Fue un grave problema que no se resolvería hasta la creación del telescopio en San Pedro Mártir.

Mientras tanto, Shapley mantuvo su influencia al adiestrar nuevas figuras de la astronomía mexicana como Guillermo Haro. Haro estudió con Shapley en Hawai durante un año, a pesar del hecho de que había sido un periodista anteriormente. La Universidad de Harvard le proveyó un estipendio de \$50 mensuales durante su estadía. Al regresar, se convirtió en una estrella mexicana al descubrir independientemente los fenómenos ahora conocidos como objetos Herbig-Haro en los años de la década de 1950.

Shapley se vio otra vez involucrado cuando Erro echó a Haro del observatorio, luego que este le planteara problemas con dicho instrumento institucional en 1948. Como Shapley conocía a ambos, les escribió para indagar sobre lo que había pasado y tratar de resolver la riña. Cuando Haro se enteró repentinamente de que el gobierno le iba a dar dinero para empezar otro observatorio, consultó a Shapley. Este le advirtió que tenía una postura dañina a la astronomía mexicana. El nuevo observatorio no competía con el viejo, sino que lo complementaba. Este tenía que estar localizado en una posición ya determinada por la Unión Internacional de la Astronomía, en vez de ser determinadas por vicisitudes personales o políticas. También le advirtió que los costos de construcción de los telescopios había aumentado drásticamente, y que se le haría difícil obtener los mismos instrumentos que los de Tonantzintla por el mismo dinero. Para un observatorio más moderado como el que tenía Harvard en Sudáfrica, Haro gastaría unos \$100,000.

Aunque Haro y Erro eventualmente se reconciliaron, las críticas que Shapley había señalado eventualmente afectarían los planes del observatorio San Pedro Mártir.

Observatorio Meridional ESO, Chile

A pesar de los esfuerzos, la creación del Observatorio San Pedro Mártir en 1979 ya tenía un alto nivel de obsolescencia a nivel científico global. El mundo de la astronomía estaba cambiando rápidamente. Tal eran los avances, que líderes de la astronomía mundial detectaron sutiles diferencias en la atmósfera terrestre que afectaban sus observaciones, llevándolos a buscar los mejores lugares en la Tierra. Aunque inicialmente identificaron a Sudáfrica

como una favorable posición, descubrieron un mejor hogar en América Latina, en el área cerca de la ciudad Serena en Chile a aproximadamente 30 grados de latitud. Tanto los europeos como los estadounidenses establecerían los centros más avanzados de astronomía ahí, en La Silla y Cerro Tololo, respectivamente, convirtiéndolo en el olimpo astronómico mundial.

En comparación con el observatorio mexicano de 1942, los lugares de los observatorios europeos se escogieron principalmente con criterios científicos en vez de políticos. Es más, el lugar de Chile no se había previsto y ya se estaban haciendo los preparativos para el desarrollo de una serie de observatorios en Sudáfrica. Cuando los estadounidenses “descubrieron” el lugar, principalmente bajo una investigación dirigida por Jürgen Stock, los europeos rápidamente fijaron su mira hacia el otro lado del Atlántico. No sólo había menos humedad en Chile, sino que también las diferencias de temperaturas no eran tan extremas, algo sorprendente para un ambiente desértico.³¹⁸

El telescopio del grupo europeo *ESO* sería de 3.6 metros en diámetro, unas 142 pulgadas.³¹⁹ Aunque se había estimado que este telescopio en particular costaría unos \$5 millones, su costo en 1969 ascendió a \$9.925 millones. Además del costo del telescopio más grande, incluían el de los otros que se construyeron en el área. Para 1974, cuando se terminó el telescopio de 3.6 metros, *ESO* había invertido en la Silla unos 400 millones marcos alemanes, que equivalían unos \$1.68 billones. La metrópoli europea en este caso avanzaba simplemente porque podía gastar más dinero que la periferia chilena en la actividad científica. Esta inversión científica de Europa en Chile aumentaría aún más con el desarrollo de los telescopios *VLT* en Paranal, a un costo aun mayor.³²⁰

Hubo varios problemas en su construcción, como siempre sucede. Algunos de estos provinieron de Europa, mientras que otros de Chile. Un problema político fue el de control de tierras. Aunque el gobierno chileno había vendido 627 kilómetros cuadrados en el medio del desierto por \$8,000, resultó que una familia alegó haber tenido terrenos contiguos al área. En vez de llevar el caso a los tribunales, *ESO* decidió comprar la propiedad por \$6,000 para evitar problemas. Aún así, hubo otros conflictos sobre la titularidad de la propiedad. En 1994, la familia Latorre demandó a *ESO* por \$60 millones, alegando que habían sido víctimas en 1988 de una expropiación ilegal sobre sus tierras.

Igualmente, hubo problemas con los derechos del subsuelo. Como Chile dependía tanto del salitre, tenía leyes que mantenían este derecho bajo la propiedad del gobierno; sólo al pagar por estos derechos es que se podía establecer minas. A pesar de que los observatorios obviamente no querían construir minas, debido a que ensuciarían el aire con polvorín, fueron obligados en varias ocasiones a negociar los derechos del subsuelo con los mineros nacionales para que no operasen en sus propiedades. Tanto fue el

Rodrigo Fernós

problema que una oficina legal se estableció especialmente para bregar con todos los recurrentes problemas legales.

Los gastos para establecer el observatorio eran tan grandes, que las naciones europeas tuvieron que combinar sus recursos. Ninguna por su propia cuenta podría haber iniciado el proyecto. Estas naciones, curiosamente, no incluyeron a Inglaterra, que ya tenía un observatorio parecido en Sudáfrica.³²¹ Al no poder cumplir con todas las obligaciones financieras, también necesitaron la asistencia económica de la Fundación Ford para poder establecerse. Como las naciones pequeñas no iban a poder contribuir mucho al programa, la Fundación Ford proveyó un donativo de \$1 millón con la condición de que las naciones principales proveyeran \$1 millón de su parte también, sumando los restantes \$5 millones necesarios. Sólo al hacer eso fue que se pudo establecer un convenio y su creación legal. La colaboración de las mejores mentes científicas europeas resultó en la creación de nuevas innovaciones tecnológicas, tales como la montura de W. Stewinski para sostener el gran peso.

Las inauguraciones de los observatorios de La Silla en 1969 fueron eventos publicitarios. Para la primera inauguración en 1969 donde se tenían telescopios medianos de 1.5 metros, asistieron los presidentes Eduardo Frei y Salvador Allende, antes de su caída de poder. Incidentalmente, el arzobispo católico de la región también asistió estas ceremonias para bendecir el Observatorio y a sus creadores. El poder cultural de la ciencia y la religión se estaban invirtiendo.

Radiotelescopio de Arecibo, Puerto Rico

Después de esta pequeña historia de la astronomía internacional, cabe regresar a nuestra pregunta inicial: ¿Es el Observatorio de Arecibo es un ejemplo del colonialismo científico?

Para contestar esta pregunta quizás deberíamos establecer varias cuestionantes. ¿Podría Puerto Rico haber construido el telescopio por su propia cuenta? ¿Tenía los recursos, tanto económicos como científicos, para haberlo construido? ¿Existía un interés en la ciencia de la radio-astronomía en la Isla antecedente a su creación? ¿Estaba tratando de establecer un observatorio antes de que los estadounidenses construyeran el suyo?

Algunas de las condiciones bajo las cuales se podría apoyar una interpretación colonial del observatorio son las siguientes. 1) Si se alega que la isla pudo haber construido el observatorio con sus propios fondos, pero fue prevenida por los Estados Unidos, entonces se podría aceptar. 2) Si Puerto Rico llegó a proveer grandes cantidades de fondos para el observatorio sin que sus científicos usaran el mismo, también podríamos decir que existió algún tipo de intervención inapropiada. Finalmente, 3) si los Estados Unidos utilizó ciencia creada en la isla sin darle crédito apropiado, podríamos alegar que tal

fue un ejemplo de una injusticia. Los hechos conocidos no acuerdan con estas condiciones.

El Observatorio de Arecibo costó en 1964 unos \$9 millones, que comparado con las proyecciones del telescopio europeo de \$5 era una suma sustancial en su época. Si una congregación de más de cinco naciones europeas, cuyos recursos económicos por cada nación eran sustancialmente mayores que la Isla, no pudieron combinadamente sufragar un proyecto de \$5 millones en 1964, es muy dudable que Puerto Rico, por su propia cuenta, podría haber pagado casi el doble de esta suma en el mismo año.³²² El alto costo de tales proyectos significa que su desarrollo es prohibitivo para las naciones con escasos recursos; su construcción en naciones de mayor ingreso depende grandemente de periodos económicos favorables y de alianzas comunes.

Al nivel científico, no cabe duda en señalar su pobre estado relativo al europeo o estadounidense. Aunque siempre se pueden señalar figuras destacadas de la ciencia puertorriqueña, tal como el astrónomo Víctor Blanco, quien actualmente sirvió como Director del Observatorio estadounidense Cerro Tololo durante la década de 1960, su ejemplo es una excepción de la norma. Se podría decir que el cuerpo de científicos en la isla se estaba empezando a desarrollar, y todavía no había llegado a una ‘masa crítica’. Incidentalmente, fue la construcción del mismo observatorio estimuló varios estudiantes a entrar a la ciencia debido al reconocimiento prominente que se le ha dado al observatorio. El gobierno durante esta época estaba empezando a levantarse de esa pobreza tan típica del mundo caribeño. Simplemente no tenía los medios ni la ambición para iniciar un proyecto de tal envergadura, particularmente uno que no generaría empleos o un neto sustancial económico.

Aunque el Observatorio de Arecibo constituye un tipo de “enclave” en el escenario isleño, con procesos internos e relativamente aislados de su hogar puertorriqueño, no se le puede caracterizar como ejemplo colonial.³²³

Capítulo 28

LA CIENCIA NUCLEAR EN ARGENTINA: UN EXPERIMENTO PROHIBIDO

*Me he convertido ahora en la muerte,
dios destructor de mundos.*³²⁴

—Robert Oppenheimer

Lo “nuclear” ha tenido un gran impacto en el mundo después de la Segunda Guerra Mundial, y lo sigue teniendo hoy día. Aunque las dos grandes superpotencias que surgieron hubiesen probablemente llegado a un tipo de “guerra fría” debido a las diferencias en sus ideologías sociales, la presencia de las armas nucleares trajo consigo drásticas implicaciones sobre las horribles consecuencias que una guerra nuclear entre las dos naciones desastaría. Estados Unidos y la Unión Soviética tenían armas para destruirse entre sí varias veces, implicando que una guerra nuclear implicaba la destrucción de la especie humana. La nube de radiación arrojaba al mundo, poniendo fin a millones de años de evolución terrestre.³²⁵

La competencia entre las dos superpotencias fue tal que creó una intensificación irracional en sus arsenales de bombas atómicas. Si las bombas de Hiroshima y Nagasaki que terminaron la Segunda Guerra Mundial fueron desastrosas, dos décadas después existían bombas de hidrógeno con un poder mil veces mayor, o unos 100 millones toneladas de dinamita. Tan desastrosas se habían convertido estas nuevas bombas nucleares, que perdían su valor estratégico y militar; se convertían literalmente en armas de “humanicidio”.

La entrada a lo nuclear por los países de América Latina como Argentina y Brasil durante la década de los 1970 alarmó el resto del mundo debido a que estos rechazaban los tratados de no proliferación en el continente latinoamericano. Cuba trató de desarrollar una planta nuclear, pero infructuosamente.³²⁶ Definían como un derecho nacional el desarrollar bombas de tal magnitud si quisiesen hacerlo. Sus líderes no se percataban sobre las implicaciones de tales políticas. Atacaban las inspecciones de las organizaciones internacionales como otro ejemplo del “imperialismo yanqui”; argumentaban que le daba más poder a los que ya tenían poder.

¿Cómo habían llegado estos líderes latinoamericanos a tal situación durante las década de 1970?

La mentira de Richter, 1951-52

Argentina fue el primer país de América Latina en convertirse “nuclear”, pero por razones imprevistas. La nación olvidó su pasado para poder marchar hacia su futuro. Fue un olvido causado por una mentira.

Ronald Richter era un químico alemán atrapado en aquella nación poco después de la Segunda Guerra Mundial. Había trabajado en un laboratorio financiado por su propio padre, pero al finalizar la guerra se encontró rodeado por los soviéticos poco antes de la creación de la República Democrática Alemana (Alemania del Este). Antes del cierre de la frontera al inicio la Guerra Fría, Richter logró escaparse a la Alemania Occidental, controlada por Estados Unidos. Este empezó un diálogo con la embajada estadounidense para emigrar. En comparación con otros que se quedaron por detrás, Richter había sido muy afortunado en salir a tiempo.

Si después de la Segunda Guerra Mundial había una gran demanda social de físicos en los Estados Unidos debido a los frutos de su ciencia (la bomba atómica), Europa se encontraba en la opuesta condición. A pesar de la numerosa existencia de científicos, no podían encontrar trabajo debido la destrucción de la infraestructura alemana durante la guerra y, por lo tanto, su economía. El Plan Marshall todavía no se había entrado en vigor y muchos buscan trabajos en el extranjero, particularmente aquellos sospechosos de haber participado en el régimen Nazi durante la guerra.

Kurt Tank, quien había conocido a Richter, era un tal sospechoso debido a su diseño de los aviones militares más avanzados de aquel entonces el (pukqui). Tank logró comunicarse con los argentinos y entró al país clandestinamente.³²⁷ Al transferirse al lado estadounidense de Alemania, se le hizo significativamente más fácil a Tank viajar al extranjero, algo que los científicos alemanes sabían. Cuando llegó a Argentina, este le recomendó Ronald Richter al gobierno, quien entonces estaba bajo un proceso de modernización. He aquí los comienzos de la industria aeronáutica empieza en Argentina, y el inicio infamoso de su industria nuclear.

Cuando llegó al país latinoamericano, Richter al principio tuvo un puesto relativamente bajo dentro del nuevo Instituto de Aeronáutica en la ciudad de Córdoba, donde trabajaba con Tank y otros. Pero se diferenciaba del grupo en que Richter tenía una personalidad muy al gusto de Juan Perón debido a sus similitudes. Tenían rasgos físicos parecidos, y había una genuina afinidad personal entre ambos. Tal fue el caso que, aunque no dominaba el español, Richter se hizo buen amigo del Presidente argentino. En repetidas ocasiones Perón y su distinguida esposa Evita invitaban a Richter y su esposa Ilse a comer juntos. Por causas psicológicas y accidentales a su llegada, Richter tuvo acceso a los más altos niveles de poder político argentino. Las condiciones circunstanciales son parte integral del proceso histórico.

Cuando hubo una explosión en su laboratorio dentro del Instituto de Aeronáutica, Richter acusó a sus compañeros de sabotaje industrial, lo que naturalmente creó un fuerte riña entre el y los demás miembros del instituto. Al hablar con Perón, Richter le aseguró que le podía entregar la energía

Rodrigo Fernós

atómica, en particular la energía termonuclear. Debido a la situación nacional, al igual que el tratar de colonizar la Patagonia, Perón estuvo favorablemente dispuesto a la sugerencia, y le hizo una oferta a Richter. Le proveería la isla de Huemul para realizar un proyecto científico-industrial, a unos 7 km de la ciudad de Bariloche en el medio de un bello lago conocido por su nombre indígena Nahuel Huapi. De igual manera, el gobierno le proveería todos los fondos e instrumentos necesarios para que Richter pudiera luego entregarle la energía nuclear. Las implicaciones estratégicas-internacionales del éxito del proyecto, *visa-vie* la posibilidad de fracaso, le parecieron optimas para Perón. De haber consultado con físicos argentinos sobre la viabilidad del mismo, hubiese recibido una diferente opinión.

Para cualquier científico, la oferta de Perón era un sueño.³²⁸ Richter se había convertido en un miembro no-formal del gabinete del presidente, análogo a la función de Vannevar Bush con Franklin D. Roosevelt durante la Segunda Guerra Mundial. Su consejo iba directo a los oídos del poder sin tener que ser escrutinado por varios niveles institucionales o profesionales. El gobierno argentino gastaría unos \$62 millones en Richter, comparado con unos \$2 billones que Estados Unidos gastaría en el Proyecto Manhattan. Aunque la cantidad argentina no fue tan grande que la estadounidense, no hay duda de que fue un gran sacrificio debido a su más pequeña economía—de mayor grado si se considera que el Proyecto Huemul fue un fracaso total.³²⁹ El éxito con el cual Richter evadía dudas sobre su legitimidad es algo extraordinario y tema meritorio de una pequeña novela.

Pero las sospechas que se generaron a través del transcurso de eventos en fin no se pudieron eliminar por completo, particularmente cuando no habían resultados firmes y concretos después de tantas promesas. En menos de un año luego de su anuncio en los medios noticiosos de haber creado una explosión controlada termonuclear, Richter hizo otra alegación falsa. Proclamó haber descubierto la generación de electricidad por medio de “explosiones controladas termonucleares”. Si Richter estaba diciendo la verdad, implicaba una sustancial ventaja económica. Como estas generarían electricidad grandemente en exceso de la necesidad nacional, podrían venderlas a otras naciones, creando ingresos aparentemente ilimitados. Mejor aun, en comparación con las plantas nucleares (atómicas), el sistema no generaría material tóxico. Richter sugería crear una bonanza económica “limpia” al igual que aumentar el poder político de Argentina en América Latina—añoranzas y sueños que Perón no pudo rechazar.

Eventualmente, las excentricidades del carácter de Richter y el aumento exorbitante en el costo del proyecto, sin ningún resultado concreto hizo que el sub-director Enrique González, viejo amigo militar de Perón, dudara gravemente de Richter. González, quién desconocía de la física nuclear, le pidió a un técnico de la compañía Philips que visitara la isla y le diese un asesoramiento sobre el contenido científico del trabajo de Richter. Los resultados, como era de esperarse, no fueron favorables. La mayoría de

los libros utilizados por Richeter eran muy elementales. Cuando el asesor trató de reunirse con Richter, este hábilmente evadió la discusión de detalles técnicos. González, desafortunadamente, no le informó inmediatamente a Perón.³³⁰ Cuando Richter empezó a ordenar diseños a una compañía alemana para la relocalización del proyecto al otro lado de Bariloche en el medio del desierto, González finalmente estalló: confrontó a Richter y renunció al proyecto fatulo. Tanto sacrificio para nada, pensó González.

Después del incidente, hubo una explosión en el laboratorio de Richter como había ocurrido en sus comienzos dentro del Instituto de Aeronáutica. Como en aquella ocasión, Richter hizo acusaciones de sabotaje como la causa de la explosión. Cuando el nuevo director del proyecto, Pedro Iraolagoitia, visita a Richter para aclarar el caso, inmediatamente tuvo serias reservaciones de la capacidad del director alemán. Richter le explicó que había mezclado hidrógeno y nitrógeno en un arco. Iraolagoitia sabía que la mezcla causaría una explosión, a pesar de no ser físico nuclear. Cuando otra explosión ocurrió en las instalaciones ‘nucleares’ de Huemul y Richter otra vez aludió a la energía termonuclear como la causante, Iraolagoitia inició una comisión de investigación sobre el proyecto. Richter había llegado al comienzo de su final.

A Perón se le hizo muy difícil dudar la palabra de Richter.

Cuando la comisión llegó a la isla Huemul, los científicos se dieron cuenta de que todo había sido una farsa. Observaron, por ejemplo, que Richter estaba usando un contador Geiger para ver si había energía “nuclear”. Cuando el arco de voltaje se prendió, el contador Geiger inmediatamente empezó a contar a pesar de que no se habían tirado ningún hidrógeno al arco. Si el arco, o el hidrógeno en el arco, hubiesen creado realmente rayos gama como alegaba Richter, todos los presentes hubiesen muerto. Los detectores de rayos gamma que los científicos trajeron consigo no registraron algún tipo de rayo gamma. Una segunda comisión, formada a la insistencia de Perón, de físicos nucleares reconocidos como Richard Gans resultó en lo mismo hallazgos. La comisión científica le pidió a Richter que explicara su proyecto. A pesar de su obvia ignorancia, Richter siguió insistiendo hasta el final que había creado una explosión termonuclear en su laboratorio.

Las mentiras de esa magnitud nunca se pueden esconder.

La Argentina nuclear: CNEA y la política nuclear

A pesar de la vergüenza y humillación que pasó la nación, Argentina se recuperó. Le quitó la medalla de lealtad a Richter, otorgándole una nueva medalla de hierro: una prisión. Pero para entonces era muy tarde; el daño ya se había hecho. El error había sido el de su Presidente al no solicitar o escuchar el consejo sus propios científicos y, por lo tanto, en dejarse engañar.

Rodrigo Fernós

Curiosamente, un debacle se convirtió en una oportunidad. Iraolagoitia y otros miembros del CNEA visitaron la isla y decidieron continuar su inversión en ella, pero de otra manera. De los edificios construidos durante el periodo de Richter, se creó el Instituto de Bariloche dedicado a la genuina física nuclear. El Instituto, basado en las propuestas de Enrique Gaviola años atrás, se convirtió en una pequeña universidad para la física nuclear, semilla del futuro programa nuclear argentino. En 1963, el mismo Gaviola fue nombrado como un profesor del Instituto, posición que mantuvo hasta su muerte en 1982. Durante la década de 1960 Argentina se convirtió en una nación nuclear, tecnologías que sirvieron como fuentes de ingreso por medio de su exportación.

La decisión fue muy ‘racional’, si así podríamos llamarle, en que estaba fundamentada en las ventajas naturales de la nación. Con fuentes abundantes de uranio, sus reservas de materia prima le daban una gran medida de viabilidad a su política de desarrollo. En comparación con naciones tales como Japón, sin los minerales pero con la tecnología, o naciones de África, con los minerales pero sin la tecnología o la ciencia. Argentina tenía ambos.³³¹ Su política fue dirigida firmemente por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) durante un periodo de 30 años.³³² Aunque inicialmente débil, pudo obtener autonomía institucional que le permitió el desarrollo de los nuclear sin restricciones; cambios de gobierno y de política nacional no afectaban su papel nacional.³³³ Un beneficio fue el desarrollo tecnológico. La demanda “económica” por reactores nucleares creó un *corps* de aquellos químicos, físicos, y biólogos.

En 1971, ya existían unos reactores, pero usados solamente para propósitos científicos. No obstante, para 1979, el CNEA desarrolló un plan para establecer 15 reactores para el año 2000, a un costo de unos \$10 B. Cuatro reactores empezaron a funcionar en 1987, 1991, y 1994, y 1997, incluyendo el Atucha I, Emblase, y Atucha II. Este desarrollo ocurrió bajo Carlos Castro Madero, director del CNEA, entre 1976 y 1984.³³⁴ La esperanza de los líderes argentinos era de reducir la dependencia del petróleo desde un 63% en 1979 hacia un 12% para el año 2000, lección que habían aprendido de la crisis petrolera de la época.

Tal fue el desarrollo de su física nacional, en términos institucionales y tecnológicos, que para la década de 1990, Argentina estaba exportando su saber atómico por el resto de América Latina, contratado por Perú para establecer su primer reactor nuclear.

El éxito de su desarrollo nuclear desató una pequeña guerra fría con Brasil.

Preocupada por la implicaciones estratégicas y políticas de tener un vecino nuclear, Brasil impulsó un proceso de “nuclearización” acelerado. Aunque empezó años más tarde que Argentina, Brasil la pudo sobrepasar más fácilmente dado su más alto ingreso. Compró lo que no podía desarrollar por

su propia cuenta bajo contratos “*turnkey*”; lo único que la nación tenía que hacer era “abrir la puerta y virar la llave”.³³⁵

El éxito que ambos tuvieron en desarrollar su industria nuclear creó un sinnúmero de preocupaciones internacionales. Algunos observadores temían que el mundo latino se estaba preparando para una guerra nuclear, a pesar de que los conflictos entre Argentina y Brasil habían sido relativamente leves tratándose de disputas de territorios adyacentes a cada nación.³³⁶ Dichas preocupaciones estaban bien fundamentadas. Aunque dichos contratos eran por reactores nucleares y no bombas atómicas, distinción importante, el movimiento desde uno a otro resultó ser más fácil de lo que inicialmente se había pensado.³³⁷ El rechazo del Tratado de Tlatelolco durante la década de 1980 creaba serias dudas sobre las motivaciones de Argentina. El tratado estaba diseñado para prevenir la creación de una América Latina sin armamentos nucleares.

Afortunadamente, el éxito de su desarrollo nuclear y sus implicaciones nacionales, hizo que el liderazgo político nacional eliminara la gran autonomía institucional de la CNEA, durante la década de los 1980 bajo los gobiernos de Raúl Alfonsín y Carlos Menem. Asuntos nucleares eran demasiados importantes para permitir que un pequeño núcleo de personas, sin contabilidad política, siguieran dictando sus pautas. Tanto Alfonsín como Menem, contrincantes políticos, se había dado cuenta de los costos internacionales que el previo status-quo político conllevaría, al igual que el horrible peligro que una guerra nuclear en la región implicaría. Ambos presidentes se movieron rápidamente para dismantelar la autonomía institucional que había gozado la CNEA por tanto tiempo.

En 1983, Alfonsín corta en mitad el presupuesto de la CNEA al igual que reorganizándolo debajo de su gobierno civil. Remueve a Carlos Castro Madero de su posición, y se reúne con el Presidente de Brasil, José Sarney, para públicamente demostrar actitudes de paz entre las dos naciones.³³⁸ Los dos hombres visitan juntos las plantas nucleares de sus respectivas naciones. Aunque aún para 1988 las dos naciones siguen declarando su derecho de *PNE*, firman en ese año la Declaración Ipero donde establece mayor transparencia de procedimientos nucleares entre las dos naciones.³³⁹ Para 1990, ambas naciones aceptan inspecciones de agencias internacionales tales como la *IAEA* para verificar que no se estaba produciendo uranio de naturaleza militar.³⁴⁰

En 1994, Brasil y Argentina firman el Tratado de Tlatelolco, garantizando así la no-prolifерación de las armas nucleares en la región.

Conclusión

De esta breve historia nuclear de Argentina, se puede señalar que establecer lo nuclear conlleva la colaboración internacional, sea por medio de difusión inicial o por inspección en la etapa madura donde ya existe una

Rodrigo Fernós

industria nuclear sofisticada. Irónicamente, aunque la nación acepta ayuda extranjera durante etapas iniciales, sin la cual simplemente no puede desarrollar una industria nuclear, rechaza la intromisión internacional hacia el final de proceso. Argentina se opuso al Tratado de Tlatelolco en la década de 1980 alegando que las inspecciones del *IAEA* se usarían para robar secretos nucleares de la nación y darle ventaja a las naciones ya industrializadas, algo cuestionable si recordamos que dichas tecnologías originaban en los países del primer mundo. Aunque las tecnologías tienden a ser objetos que, por ende, se pueden transportar físicamente de un lugar a otro, estas conllevan mentalidades o valores sociales que no siempre tienden a ser transplantadas. Debido al peligro de tales tecnologías, la estrategia hispana no fue muy sabia inicialmente.

Algunos pondrían en duda la necesidad de inspecciones por otras naciones de armas utilizados para, irónicamente, la protección nacional. Dichas inspecciones se podrían utilizar para subestimar la soberanía nacional. Se podría señalar, como ciertas quejas sobre los Estados Unidos, que los líderes de las naciones desarrolladas no son necesariamente más morales que aquellos de las naciones subdesarrolladas.

No obstante, el sistema de transparencia internacional ayuda a evitar que las particularidades individuales o la falta de conducta virtuosa de parte de cualquier líder nacional termine en una guerra nuclear. Aunque las armas nucleares tienen un efecto “equilibrante” en el balance de poder entre las naciones grandes y las pequeñas, el peligro que su uso significa, desde un punto de vista mundial, que su completa eliminación es beneficiosa para todos los involucrados. El ser humano no fue hecho para tener armas nucleares como juguetes; el más mínimo error tendría repercusiones desastrosas.

Pero la decisión de no-desarrollar armas nucleares es racional desde el punto de vista nacional. Como el caso de Argentina sugiere, la creación de una industria nuclear tiende a generar un ciclo vicioso en el cual la nación nuclear se ve forzada a exportar servicios y productos nucleares para mantener su fuerza laboral en dicho campo activo. Los altos niveles de inversión, tanto al nivel del individuo en su entrenamiento profesional como al nivel social en su inversión de capital, requiere el fruto máximo de la misma. Por lo tanto inversiones en el desarrollo de lo nuclear, como los esquemas de fraude originando de Nigeria, tienden a expandirse, quiera o no la nación, para recuperar esta alta inversión. Inversiones para propósitos militares nunca generan ingresos por sí mismas. La decisión de no-desarrollar la industria nuclear, por lo tanto, evita que una nación entre en el círculo vicioso con consecuencias tanto negativas para sí mismas como para el resto del mundo.³⁴¹

Curiosamente, se puede señalar los problemas relacionados al control externo que las tecnologías nucleares requieren fueron previstos durante el desarrollo de la bomba atómica en la década de 1940. Robert Oppenheimer notó, durante discusiones sobre la proliferación de armas nucleares, que no se deberían de crear instituciones de monitores externo debido a que causarían

resentimiento de cualquier nación que fuese monitoreada. Su sugerencia, por lo tanto, era crear una institución donde no se dividían los poderes de ciencia atómica y su monitoreo. Es decir, si se mantuviese control de la ciencia dentro de una sola institución, el monitoreo de esta ciencia no sería percibida como externa porque ya estaría sujeta a sus procesos internos. Los problemas de seguridad que tal estrategia sugería que era mejor no desarrollarlos desde el principio. La oposición de Oppenheimer a la bomba termonuclear fue rechazada en los más altos niveles de poder en Estados Unidos, creando una fuerte animosidad entre el y Edward Teller, el 'padre' de la bomba de hidrógeno. Los científicos que habían otorgado el poder nuclear, tales como Oppenheimer, no pudieron controlar este poder una vez que salió de sus manos.

CONCLUSIÓN: EL FÉNIX DESCANSA

En 1962, Vero Wynne-Edwards había hecho el argumento que los rasgos de conducta animal, como la agresión, se establecían en las especies porque eran benéficas para ellas. Inicialmente nadie cuestionó su asunción que, mediante la dinámica de selección natural darwiniana, las especies como grupo se beneficiaban de dichos rasgos al aumentar su longevidad y bienestar. Especies en competencia por recursos que no tengan nivel de agresión tendrán baja probabilidades de sobrevivencia. De hecho, la atención y la estructura neural, también estaban ligadas a la evolución. Los ozos bezudos o los koala cuyas fuentes de nutrición se basan solamente en una especie de plantas son sumamente lentos, en comparación con aquellas especies sin una fuente estable de comida, como los perros. Las condiciones de la evolución afectaban el comportamiento y carácter de los animales.

No obstante, George Williams observó cuatro años después que la caracterización cometía un error de pensamiento al ser excesivamente vago y generalizado. No eran las especies que se beneficiaban de dichos rasgos, sino los individuos. Solamente cuando estos rasgos favorecían a unos individuos, relativos a los demás dentro de una misma comunidad, era que se aumentaba la frecuencia genética del rasgo en su población. Al tener éxito de mayor incidencia de natalidad, exitosamente traspasaban sus genes a futuras generaciones. Williams restauró el emergente pensamiento etiológico a fundamentos darwinianos, modificándolo un énfasis generalizado de grupo hacia el individuo, abriendo un nuevo campo. Conductas que no se podían explicar bajo un modelo liberal-lockeano, en el cual el individuo refleja las condiciones de su enseñanza, se explicaron fácilmente con estas nuevas técnicas.³⁴² La sociobiología contribuyó a la unificación del ser humano con la cadena evolutiva del cual originaba.

Irrespectivamente de la opinión del lector sobre la disciplina, el breve ejemplo histórico demuestra varias cosas sobre la dinámica intelectual que ocurren en países desarrollados que no se tienden a ser observados en la región latinoamericana. Bajo un proceso de crítica constructiva, las ideas de los antecedentes se van modificando, empujando los campos a su auto mejora y, eventualmente, a pequeñas revoluciones científicas. La ciencia occidental se autodestruye para reconstituirse de una forma más rigurosa y fiel a la naturaleza de la realidad. Por medio de este proceso, aumenta su poder predictivo y su poder cognitivo para explicar el mundo natural. Se ve en un sinnúmero de ejemplos, de Tolomeo a Copernicus, de Newton a Einstein, y hasta en las más modificaciones en el campo de la computación. El fénix científico, como decía Georg W. F. Hegel en otro contexto, renace de sus cenizas en un proceso cíclico y sin fin—desarrollándose en el camino.

Si miramos a la historia de la ciencia en América Latina como hemos hecho, no se obtiene el mismo sentido de continuidad. La ciencia en la región de prende y se apaga, aparece en un lugar para rápidamente desaparecer y reaparecer en otro. Es un proceso discontinuo, arbitrario y errático. La caída de los precolombinos con la llegada de los españoles puso fin de su desarrollo autóctono. La mayoría de las expediciones botánicas nunca vieron la luz del día en publicaciones de la época. Los investigadores científicos durante el siglo XIX fueron europeos principalmente y no latinoamericanos, que venían y se iban, buscando uno que otro dato en la magnánima jungla. A fines del siglo XIX surgen los congresos panamericanos que se dilata en pocas décadas. La ciencia que persiste, como los centros astronómicos en Chile, no son de índole local sino de origen extranjero. La línea del pensamiento aparece brevemente, para desaparecer y reaparecer en un periodo lejano o en un país diferente. No existe la coherencia y estabilidad que caracteriza el desarrollo científico europeo.³⁴³

Se podría refutar que tal es la naturaleza de cualquier historia regional de la ciencia, aun la de un país desarrollado reconocido por su ciencia. Los focos de la ciencia no son estables y constantemente se mueven entre los países. Durante la Revolución Científica, el foco central se movió constantemente, desde de Polonia (Copérnico) a Dinamarca (Brache), luego Italia (Galileo), Francia (Descartes), e Inglaterra (Newton), entre otros. Ningún país tienen un monopolio sobre la verdad—lo que le otorga el genuino carácter internacional a la ciencia. La ciencia, como debería de ser la ley, es “ciega”. No mide las verdades basado en oro, color de piel, o genero. Desde este punto de vista, cualquier historia regional de la ciencia, por su naturaleza, va a ser de carácter discontinuo y errático, sin ningún foco de actividad; su heterogeneidad es uno de sus rasgos prominentes.

A pesar de la validez de tal señalamiento, se puede observar que, la realidad tiende a ser ambigua y no muy claramente delimitada.³⁴⁴ Aunque ciertamente se podría señalar que las naciones nunca pueden ser focos indefinidos de logros científicos, podemos notar que las regiones ciertamente lo pueden ser. He quizás aquí donde una comparación entre los Estados Unidos y Francia o con el Japón, por ejemplo, es algo injusto debido a su mayor territorio geográfico, complejidad económica, y diversidad poblacional. Una comparación más justa tendría que consistir en regiones cuyas condiciones son similares.³⁴⁵ De acuerdo este criterio, una comparación entre la región de América Latina en su totalidad con la de Europa, por ejemplo, valida los señalamientos previamente hechos. El territorio mayor aumenta la probabilidad de incidencia científica con un menor margen de error; su mayor base población aumenta la típica pequeña base científica nacional.

Aunque no se puede dar una explicación definitiva sobre el porque de el carácter discontinuo de la ciencia en América Latina, se puede proveer algunas observaciones generales.³⁴⁶ Mientras la historia colonial española los

Rodrigo Fernós

une por la separación del resto del mundo occidental que esta causó, las condiciones locales los separan a todos en rutas históricas divergentes.³⁴⁷

Los elementos sobresalientes de esta historia son los siguientes: 1) tradición religiosa del catolicismo, 2) colonialismo rígidamente controlado por la corona en España con su particular forma de liderato, 3) la presencia de grupos étnicos cuyo pensar era inherentemente mágico-religioso, 4) continua inestabilidad política desde el periodo de independencia, 5) una muy tardía industrialización y finalmente 6) el carácter periférico de la región en su relación con la metrópolis europea y luego la estadounidense. Aunque se le podría falsamente atribuir todo rasgo nacional o particularidad histórica a estas más obvias condiciones, ciertamente tenemos que notar que han tenido un impacto, como esperadamente se ha ilustrado en el libro.³⁴⁸ Empecemos con el último.

Todas las periferias son iguales en que miran hacia la metrópoli y tratan de ser lo que no son (metrópoli).³⁴⁹ El hecho de ser una periferia conlleva un mayor costo de desarrollo en comparación con la metrópoli. Sus reducidos recursos implica que la atracción de sus ciudadanos va a ser hacia la metrópoli, y por lo tanto la periferia tiene que ejercer una mayor cantidad de energía (mayor costo) para poder competir equitativamente con la metrópoli.³⁵⁰ No importa cual sea la motivación del científico emigrante del siglo XX, noble o innoble, su salida de la periferia implica la pérdida de su labor. Caldas en la Nueva Granda colonial quería seguir a Humboldt a Europa, pero afortunadamente este no le permitió. Durante la época de oro de Perú y de Chile, cuando disponían de vastas cantidades de guano y caliche respectivamente, la primera nación malgastó una temprana oportunidad para industrializar al comprar productos europeos. Vemos en estos pocos ejemplos que la metrópolis actúa como un imán que atrae excesivamente la atención y los recursos, tanto capital como natural, de la regiones periféricas. Como una mayor estrella que tiende a absorber las menores que la rodean, la metrópolis por su “gravidad” absorbe la periferia.

Desde el punto de vista científico, esto tiende a romper el proceso intelectual interno, en que tiende a enfocar su visión hacia el “reino” (metrópolis). Aquel dialogo interno tan necesario para la generación de nuevas ideas se ve constantemente interrumpido por la necesidad de seguir los últimos adelantos de la metrópoli. La crítica de las ideas locales en la periferia tiende a ser excesivamente brusca en comparación con las ideas del extranjero, que son más rápidamente aceptadas por el mero hecho de su origen. Una línea de estudio o pensamiento que podría haber dado a frutos, si se hubiese continuado, es cortada prematuramente. Los plásticos la década de 1960, la cura contra el cáncer en la década de 1980, la nanotecnología en la última década, distraen al científico periférico. Al saber de estos adelantos metropolitanos, el científico latinoamericano repentinamente cambia el rumbo de su investigación para competir en nuevos concursos en los que tiene poca

esperanza de fruto. Pierde fe en el ayer para satisfacer el ahora. Las modas de la ciencia no son tan diferentes como las modas de ropa y maquillaje.

Es claro que el desarrollo interno de sus ideas fueron afectados por las particularidades del catolicismo y la Iglesia Católica, tanto “internamente” como “externamente”. La filosofía del probabilismo estableció criterios internos que inhibió el desarrollo de una línea de pensamiento científico jesuita, mientras que sus instituciones, como la Inquisición, inhibió externamente la libre discusión entre sus ciudadanos. Como toda religión, aquellas ideas que no estaban en acuerdo con su plataforma intelectual previamente establecida, estaban más sujetas a oposición doctrinal. Solamente en la última década fue que la Iglesia, bajo la influencia del liberal Papa Juan II, reconoció la veracidad de algunos de las verdades centrales científicas. Se podría argumentar que la Iglesia Católica ha sido demasiado exitosa en su propósito de mantener la coherencia social, el cual elimina el espacio necesario a los “disidentes” para desarrollar sus ideas. Ciertamente, no deberíamos de sobrepasarnos en que, al nivel del individuo, las ideas cristianas fomentaron el desarrollo científico al crear motivaciones cuando la ciencia todavía no se había convertido en un lucroso negocio.³⁵¹

El colonialismo tuvo una función parecida en su control excesivo de todo lo que ocurría dentro de las colonias. Al nivel legal, las actividades que no tuvieran el permiso formal de la corona no se podían ejercer en la periferia; la periferia existía para el beneficio de la corona y no vice-versa. Ciertamente, la realidad era algo diferente con la predominancia del “obedezco pero no cumpla”, y existían un sinnúmero de excepciones.³⁵² No obstante, la colonia hispánica existió para el uso de la metrópoli. Eran los científicos europeos que exploraban las regiones, a pesar del hecho que tendían a ser las colonias cuyo alimentaban económicamente tales expediciones. Vemos esto en toda su historia, particularmente durante los siglos XVIII y XIX. No que dicho sea un obstáculo para la ciencia como tal; viajeros como La Condamine y Humboldt estimularon actividades e instituciones locales. Más importante aun, la bella naturaleza de la región proveyó evidencia que revolucionaría la biología mediante las ideas de Darwin. No obstante, era un proceso que por su naturaleza era discontinuo y fragmentado desde el punto de vista de la periferia. Muchos otros venían y exploraban, pero no se desarrollaba un cuerpo de información localmente establecido sobre lo que ahí se encontraba.

Similarmente, la heterogeneidad cultural de la población aumentó el costo del intercambio de información al crear barreras invisibles entre sus participantes. La existencia de diferentes razas y castas sociales, africana en el Caribe e indígena en Centro América, prohibían el intercambio de información útil y científicamente valiosa entre estos. Los indígenas, en general, se rechazaba al considerarse blasfema. No fue hasta el siglo XX, mediante la antropología y arqueología, que se han estado descubriendo las riquezas que existían en su mundo intelectual. Las ideas del hombre “primitivo” de las Américas resultaron tener un mayor nivel de refinamiento

Rodrigo Fernós

que las ideas del hombre “civilizado” de España. Personas como Fray Bernardo de Sahagún anotaban solamente para borrar la poca cultura que permanecía en las Indias. Los quipus permanecería enterrados en los desiertos, mantenidos vivos por el aire seco. Las culturas, como las múltiples especies de animales, no viven en el papel sino en el mundo real externo.

La presencia africana también creó problemas sociales en el intercambio de información, aunque la diferencia epistemológica que existía entre esta y la cultura ibérica fue su mayor impacto. El pensar mágico-religioso tan predominante en los países que habían tenido enorme importaciones forzadas de esclavos durante el periodo colonial—Brasil, Haití-República Dominicana, Puerto Rico por ejemplo—afectó grandemente la comunicación y desarrollo científico de estos. Las presunciones sobre mundo natural eran tan diferentes, que prohibía cualquier tipo de dialogo científico. Ciertamente la Iglesia Católica en su función indocinaria modificó las creencias de del grupo, aumentando el nivel de aculturación. No obstante, la contundente presencia del africano en la cuenca del Caribe implicó la importación de ideas mágico-religiosas que se fueron expandiendo rápidamente por la población criolla, en lo que se podría llamar un sincretismo reverso. El europeo erró al pensar que la “falla africana” se encontraba en la piel o el cuerpo; mediante el proceso de la esclavitud se vio transformado en lo que tanto detestaba.

NOTAS

¹ No solo nos podemos preguntar como se puede modernizar, pero también si se debería. La modernización conlleva cambios culturales cuyos efectos pueden contrarrestar sus beneficios económicos. No somos completamente modernos, pero también dudamos si honestamente queremos tal modernización en su totalidad. El desarrollo científico, como un elemento central de este proceso modernizador, complica aún más las cosas.

² Por lo tanto, el autor presenta este libro con algún nivel de timidez. Ciertamente son estos académicos quienes deberían escribir la historia que aquí se lee. Desafortunadamente no ha surgido de uno de estos autores tan reconocidos. Debido a esta escasez historiográfica que se presenta este libro al público para que este tenga un mapa general sobre el contorno topográfico de esta historia. No se pretende que sea el texto definitivo sobre el tema, sino un ejemplar que dé pie a trabajos más amplios.

³ La Dra. Rosario se retiró de su puesto administrativo en Mayo del 2004, regresando así a la investigación histórica.

⁴ *Worldview* en inglés.

⁵ Se podría contra argumentar que la cultura no reside en un vacío. La interacción de culturas—la mexicana y la norteamericana, por ejemplo—también ha tenido un impacto negativo en el desarrollo del científico hispano en su nuevo hogar. Los hispanos desafortunadamente han tendido a adoptar los peores rasgos de la cultura estadounidense, tal como la violencia y la droga del ghetto.

⁶ *Push and pull* en inglés.

⁷ No es decir que todos son motivados por las mismas razones. Los individuos tienden a ser afectados por múltiples factores, entre los cuales el auto-beneficio y el aumento de ingreso disponible .

⁸ Otras cifras son: África un 0.2%, y el Japón un 16% para el ámbito tecnológico.

⁹ Las cifras actuales para 1988 son la siguientes (en millones de dólares estadounidenses): Perú: \$106, Venezuela \$221, Brasil \$1,302, Australia \$2,483, Francia \$20,190, Corea del Sur \$3,208.

¹⁰ Tristemente, una voluminosa historia de la ciencia consistiría principalmente de relatos médicos, orientación de la cual no estamos de acuerdo en este tomo.

¹¹ *Invisible colleges* en inglés.

¹² *Men reluctantly quit one course of occupation and livelihood for another, unless invited to it by very apparent and proximate advantages.*

¹³ *Brain drain* en inglés.

¹⁴ *Push y pull* en inglés

¹⁵ *Outsourcing* en inglés.

¹⁶ *Reverse transfer of technology* en inglés.

¹⁷ *Multiplier effects* en inglés.

¹⁸ Véase capítulo 15.

¹⁹ *Demography is not destiny.*

²⁰ En algunos casos, las minorías asiáticas sobrepasan la anglosajona.

²¹ *Scientific pipeline* en inglés.

²² Podríamos señalar, por lo tanto, que un aumento relativamente mínimo en los numero actuales de doctorados científicos a hispanos aumentaría substancialmente su porcentaje del total.

²³ Promedio durante la década de 1980.

²⁴ Es decir, la participación hispana en las ciencias debería de ser unos 12%, por lo menos, para tener una adecuada representación.

²⁵ El falso estereotipo alegando que las minorías son vagas es no tan solo injusto, sino desafortunadamente más común de lo que uno se imaginaría en los Estados Unidos.

²⁶ Hubo excepciones notables de artistas y compositores puertorriqueños, pero estos tendían a estar fuera de la norma

²⁷ La tasa ajó a fines del siglo XX a un 10%, cifra que sigue siendo alarmante para los criterios modernos.

²⁸ Trabajos *blue collar* en inglés.

²⁹ Existen dos tipos de migrantes puertorriqueños, el de clase media y el de clase baja. Las circunstancias y los patrones educacionales de ambos se diferencian grandemente.

³⁰ *We were born into this world a long time ago/ In the beginning we knew nothing of the forces surrounding us / But for all these millions of years, the human brain has been chipping away at that ignorance, storing up hard earned wisdom. / This is the greatest adventure of mankind: **To find something that was never known before, or understood.***

³¹ Se ha encontrado que aquellos individuos que tienen ambientes de hogar y trabajo con altos niveles de “stress” son mucho más propensos a ataques de corazón y muerte relativamente temprana.

³² La predominancia del teclado ‘qwerty’ o e formato VHS no tienen que ver con su eficacia sino por el hecho de que fue el primer en ser establecidos y públicamente usados. Otros de mejor diseño, como el betamax, no tuvieron éxito por el hecho de que fueron segundos. Al ser tan públicamente utilizados, se establecen patrones de conducta humana difíciles de modificar.

³³ Curiosamente, líderes tienden a exhibir un menor logro educacional que los que no son líderes. A manera que la educación formal de un individuo aumenta, igualmente incrementa su dogmatismo intelectual, de acuerdo a algunos estudios.

³⁴ El 3 de febrero del 2003 Univisión (Puerto Rico) reportó que un tal Carlos Ávila Rivera, maestro de ciencia de Utuado, había sido nominado para el Premio Nóbel. No estuvo muy claro la razón por la cual había sido nominado, ni la estabilidad mental del alegado candidato. El Sr. Ávila alegó haber creado una máquina para

generar energía a un bajo costo. También atacó el modelo cosmológico actual, en el universo se esta expandiendo, al alegar que era un gigantesco remolino. El Prof. José Nieves, físico de la Universidad de Puerto Rico, señaló que la invención era una maquina de movimiento perpetuo, problemático debido a que iba en contra de las bien-establecidas leyes del movimiento de conservación.

³⁵ Se puede sospechar cuando se solicita información sobre un científico para los reportes preparados por las comisiones respectivas.

³⁶ Ragnar Sohlman, el asistente personal de Nobel, Carl Lindhagen, consejero legal, y Rudols Lillveqvist, quien habia trabajado previamente con el benefactor.

³⁷ De hecho, el tiempo de logro fue objeto de debate y excepción. Los campos básicos originales fueron: la física, la química, fisiología o medicina, literatura y paz. Se añadió el premio de Economía en 1968 por el Banco de Suecia, y luego se decidió no añadir más campos, lo que también señala algo de la limitación del premio. No es uno genuinamente universal, sino estrictamente limitado. Omisiones obvias incluyen la astronomía y la biología.

³⁸ Pero la práctica fue algo diferente que su diseño original. Los comités tomaban funciones mucho más activas de lo que se podría imaginar al solamente estudiar su organización formal.

³⁹ Era claro que Alemania ganaría una gran cantidad de permisos, así estimulando su política bélica.

⁴⁰ De hecho, la revolución de la mecánica cuántica estaba en sus pañales.

⁴¹ Existen pocos estudios sobre el ganador más reciente, Cesar Milstein, y por lo tanto no será objeto de análisis en el capitulo.

⁴² Este hacia tantos experimentos con ellos, rasgo típico de la fisiología de su época, que el albergue de animales en un punto rehusó darle más perros. Véase el libro de M. Bliss sobre el descubrimiento de la insulina para tender el paradigma de la ciencia normal en la época.

⁴³ El instituto en sus primeros años tenia 180 estudiantes, 20% de los cuales conducían estudios originales.

⁴⁴ Houssay renuncia para no atraer problemas al instituto. Como ente privado, el gobierno no tenia autoridad legal sobre los mismos.

⁴⁵ Gerty Cori trágicamente muere a una temprana edad.

⁴⁶ Gran parte de la carrera de Milstein fue lograda en Inglaterra. Problemas políticos en Argentina estimularon que Milstein emigrase a dicha nación, para poder obtener mayor seguridad y estabilidad institucional.

⁴⁷ Podemos obtener una idea del daño cuando se considera que Houssay viajaba al laboratorio los domingos para asegurarse que los experimentos de años no se arruinasen, lo que ocurrió un día cuando un asistente no fue debido a que no quería perder un juego de fútbol en el televisor.

⁴⁸ Animales en los polos tienden a tener una capa de grasa más ancha debido a la protección que la misma confiere del medioambiente, en contraste con aquellos

que viven en el desierto de Sahara. Lo animales tropicales van a tener patrones de piel muy diferentes a aquellos de los polos.

⁴⁹ Esto sugiere que se asemeja al tamaño de las emperzas, quienes son afectadas por la presencia de la confiabilidad como estudiados por Francis Fukuyama en su libro *Trust*. Es decir, que probablemente existe un techo al tamaño de las instituciones científicas de la región.

⁵⁰ Esperemos que nuestro propio futuro no sea el mismo que de ellos.

⁵¹ *Men's natures are all alike; it is their habits that carry them far apart.*

⁵² Si consideramos una perspectiva global, como la historia de la tierra de unos 5 billones de años, la civilización occidental se disminuye a unas pocas fracciones de segundos (6/100 segundos).

⁵³ Los historiadores han sido algo tímidos en confrontar el problema de la información en la historia. ¿Como podrán los historiadores de siglos futuros, asumiendo que la especie humana siga en su presente estado, bregar con tanta información acumulada? No es un tema muy discutido.

⁵⁴ Existen problemas en la clasificación de *homo erectus*, cuyo rango de variabilidad es sumamente alto, afectando así las cifras. Ciertos paleontólogos argumentan que la categoría 'homo erectus' es falsa, y prefieren referirse solo a casos particulares.

⁵⁵ No obstante, existen límites reales a esta densidad poblacional cuyos costos sociales aumentan mucho antes de llegar a estos.

⁵⁶ *Challenge-response* en inglés.

⁵⁷ *Boethians* y *caledonians* en inglés.

⁵⁸ Es interesante especular lo que Toynbee opinaría sobre el futuro de Cuba y Puerto Rico, sociedades de parecidos orígenes pero bajo condiciones tan diferentes.

⁵⁹ Otra vez nos podríamos preguntar que Toynbee opinaría de Puerto Rico, si la isla esta mirando más hacia el pasado en vez del futuro, y cual serían las implicaciones que esta perspectiva conlleva con respecto a la viabilidad política e económica.

⁶⁰ Mease el capítulo 22 para una discusión de factores no-geográficos.

⁶¹ La limitada civilización que llegó a desarrollarse al suroeste del África se discutirá en otro capítulo.

⁶² *There is far too strong a tendency to impute everything to climate. Climate is the scapegoat on whose shoulders not only the laity, but also medical men, are only too ready to lay the blame of all diseases whose causation they may not clearly understand. It is a well-sounding word, and its mere pronunciation ensures a comfortable feeling that all is well accounted for, and what is better, quite inevitable; for whatever our faults, we cannot help the climate...every one feels absolved from all responsibility in the matter.* Bailey K. Ashford, "A study of uncinariasis in Porto Rico" *American Medicine* 6, 10-11 (Sept 5, 1908), p 391.

⁶³ *Frost* en inglés.

⁶⁴ Una consecuencia sugerida de este estudio, es que si la temperatura global aumentase drásticamente, el número de días de escarcha disminuirá al igual que el número de productos alimenticios.

⁶⁵ *Founder crops* en inglés.

⁶⁶ El *rise of the west* como algunos lo llaman en inglés.

⁶⁷ *...a profound and important idea which appears so simple to us now that we ignore its true merit. But its very simplicity and the great ease with which it lent to all computations put our arithmetic in the first rank of useful inventions.*

⁶⁸ *Logograms* en inglés.

⁶⁹ *Ideographs* en inglés.

⁷⁰ Nótese que los símbolos matemáticos actuales provienen de la India, difundidos por medio de la expansión árabe durante los siglos VII a XIV después de Cristo.

⁷¹ El cero y el decimal van mano a mano.

⁷² Curiosamente, la lengua escrita tiende a originar de las matemáticas por la dificultad de establecer símbolos comunes que todos acepten y reconozcan, tal como asignarle el símbolo de “t” al sonido “t”, o más complicado aún, de asignarle un símbolo a cierto objeto y acción. Por lo menos, ese fue el caso de una de las primeras lenguas escritas, el sumerio.

⁷³ Un punto en la primera posición vertical $20^{(0)}$ igualaba a uno (1), y no cambiaba la cifra original.

⁷⁴ Véase capítulo 9.

⁷⁵ Si el concepto no está muy claro se puede ver de esta manera. Cada una de nuestras 52 semanas están compuestas de 7 días que ocupan la misma posición en cada ciclo: lunes, martes, miércoles, etc. El lunes siempre se usa para empezar el ciclo (o el domingo) que siempre ocupa en la misma posición. La semana maya no tenía esta misma periodicidad cíclica en que cada día de la semana variaba en posición dentro de la “semana” de acuerdo al progreso anual. Por ejemplo, su lunes podría ocupar la posición de un “martes” o “viernes” dependiendo de que fecha se estaba hablando. Como había más nombres de días que días actuales en la semana, se creaba una falta de periodicidad comparada a la actual. Lo mismo ocurriría en nuestro calendario si hubiesen ocho nombres para los siete días de la semana.

⁷⁶ Estos no había calculado el periodo actual del planeta alrededor del sol porque no sabía que era un planeta, palabra originalmente significaba estrella perdida o *wandering star*.

⁷⁷ Dichas tácticas parecen haber sido adoptados por empresas de comunicación hispanas.

⁷⁸ Corrientemente se utilizan métodos computerizados y más exactos a este. No obstante, el tiempo Greenwich es el que la mayoría de las personas reconocen.

⁷⁹ Por ejemplo, para evitar que se expandieran ideas revolucionarias, se les impedía a los colonos norteamericanos que tuviesen reuniones de gran

envergadura en las que se pudiesen aprender cosas de los demás. Para evitar que se revelasen secretos de la bomba atómica, cada grupo del Proyecto Manhattan se mantenía aislado de los demás. Podríamos dar centenares de otros ejemplos.

⁸⁰ La cita, traducida del inglés, es, “*not a thing, from the most trivial to the greatest, was lacking [in the Inca empire], because it could be provided.*”

⁸¹ *Disposable income* en inglés.

⁸² Nos referimos aquí a la civilizaciones agrícolas, no a la colectividad de tribus nómadas cuyo tiempo involucrado en lo agrícola era mucho menor.

⁸³ *Zero-sum* en inglés. El sacrificio en todas las sociedades es una conducta muy importante para la sociedades primitivas dado que el varón tiene que aprender a soltar su ego para el bien de la comunidad y su familia inmediata. Por ejemplo tiene que confrontar al león (África), tigre (India) o jaguar (México) para proteger la aldea, aunque esto quizás le cueste la vida. Este es un acto “no natural” en el sentido que van en contra de los mecanismos de autodefensa del individuo. La conciencia colectiva provee estímulos sociales para que así el varón se auto-sacrifique para el bienestar de su comunidad.

⁸⁴ No se sabe exactamente que función social tomaban estas ruinas.

⁸⁵ La carga no esta distribuida igualmente entre la piezas en la arquitectura inca o maya, creando así por la presión una sola pieza de todas estas.

⁸⁶ Al ser de alto valor, se localizaban más cerca para ser observados mejor; también estos se enviaban rutinariamente a Cuzco.

⁸⁷ Una nota interesante es que los incas fracasaron en la conquista de la jungla en parte por la dificultad de establecer carreteras y bóvedas; al carecer de estos no podían extender su apoyo logístico. Por lo tanto, podemos ver que aunque el sistema de distribución no era racional desde el punto de vista de la población, era racional desde el punto de vista del cuerpo administrativo imperial. Era a este nivel bajo el cual el sistema de distribución tenía sentido, era este tema la consideración principal en su planificación.

⁸⁸ Hemos de notar que el hambre era un elemento común en Puerto Rico antes de la Segunda Guerra Mundial.

⁸⁹ *Life is the sum of all those forces which resist death.*

⁹⁰ Los fallecidos indios tainos en Puerto Rico también tenían la misma creencia.

⁹¹ Aunque hoy no estaríamos en acuerdo con la justificación proveída para esta idea, es muy vigente en la actualidad. Los adolescentes que tienen hijos no se percatan de las responsabilidades envueltas, y las limitaciones que dicho acto impone en sus vidas. Nuestros “instintos” no siempre son una buena guía de conducta, y nos llevan a actos dañinos dentro del contexto de nuestro mundo moderno.

⁹² Véase capítulo 21 para una discusión de la medicina del África sud-Sahara.

⁹³ También se sospecha que la migración por el Estrecho de Behring entre Rusia y Alaska sirvió como un tipo de barrera que eliminó a todos aquellos enfermos, disminuyendo así el total de enfermedades en la población.

⁹⁴ Dichos términos son varios nombres para el mismo tipo general de estudio.

⁹⁵ Espasmolítica se refiere a aquello que reduce el espasmo muscular.

⁹⁶ *Society is not a collection of persons but is a network of relations; it is the field of interactions of two or more agents.*

⁹⁷ Notemos que los mayas fueron una serie de grupos y nunca una nación como tal.

⁹⁸ Para discusión de la teoría de la dependencia de Raul Prebisch, véase capítulo 23.

⁹⁹ Es más, la densidad de o sea del elefante es de las más altas de la naturaleza, en comparación con la de la ballena azul, más grande que el elefante, pero que flota tranquilamente en las aguas del mar.

¹⁰⁰ *Law of diminishing returns* en inglés.

¹⁰¹ A pesar de la mayor inversión educacional en los EU entre 1900 y 1950, de \$2 a \$25 per capita, el número de aplicaciones de patentes por persona se redujo de 10 a 1.5 durante el mismo año. Es decir, aunque el número de patentes absolutas ha aumentado, la inversión que se acre por cada patente aumenta a través de los años. Es una disminución de beneficios relativo a los gastos que se invierten. Lo mismo se ve en el aumento de labor agrícola en la China. Un aumento de mil horas a cuatro mil horas por hectar por año hacia el trigo, el aumento en kilogramos relativo a este esfuerzo disminuye, de .8 a 0.3.

¹⁰² Esta imagen es simplificada de la sociedad y por lo tanto hace la explicación de su “caída” más difícil. Los mayas no consistían de una nación en el sentido moderno, sino de diferentes conglomerados de grupos que compartían la misma sociedad. La historia maya, entre 300 y 800 DC, constituye de tres diferentes núcleos que surgieron en diferentes periodos de su historia: Mirador, Tikal y Chichenitza. El eje de esta civilización se movió de uno a otro grupo a través de un periodo de tiempo muy amplio. No obstante, nuestra definición de caída de estados es aún válida.

¹⁰³ El polen que cae en el subsuelo crea un “fósil” de la condición histórica en aquel momento.

¹⁰⁴ El concepto de “civilización” es uno muy problemático, en parte debido a la falsa imagen de un solo ente. Pero civilizaciones como la Maya se asemejaban más a aglomeraciones que un ente social. So “caída” final de puede ver dentro de un punto de vista de varias “mini caídas” y puntos cambiantes de l centro cultural/gubernamental de la misma. No obstante, la similitudes de elementos culturales se pueden utilizar para tratar la región y estos varios grupos como uno en su totalidad. Véase amplia discusión en el texto de Webster.

¹⁰⁵ Los estudios arqueológicos de huesos de la época revelan una diferencia entre las clases elite y laboral—un promedio de 7 cm de altura, a pesar de que tales diferencias no se veían en las mujeres.

¹⁰⁶ El numero de templos contruidos aumenta brevemente después de esta drástica caída, pero brevemente. Para 930 DC, solo están bajo construcción dos templos. La población durante el periodo parecidamente decae, de unos 27,753 en 799 DC a unos 7,698 para 1000 DC.

¹⁰⁷ Curiosamente, esta observación no significa que la teoría de Tainter este mal, sino que esta le da un rigor intelectual más sofisticado del que tenía las ideas de Toynbee, que había sido criticadas al ser subjetivas y místicas como las de Spengler.

¹⁰⁸ Tal filosofía era una proyección de la experiencia cotidiana del momentum en la Tierra. Para que algo se mueva en la tierra, casi siempre hay que añadirle energía al sistema, sea por nuestro esfuerzo directo, o fuerza química. La fricción en tales caso previene la creación del sistema.

¹⁰⁹ El quipu, bajo este orden social, fue un instrumento de contabilidad crucial para mantener el poder incaico.

¹¹⁰ También se puede notar el creciente costo de la comida debido a la creciente distancia de los nuevos recursos. A medida que los incas se iban expandiendo a territorio ajeno y desconocido tal como la jungla, este factor también aumentaba la posibilidad de su fracaso militar. Los largos trechos de carreteras eran viables solo dentro del contexto rural; al expandirse en la jungla, los incas perdían factores beneficiosamente estratégicos en su campaña.

¹¹¹ Tales enfermedades se regaron por otros europeos en centro y Sudamérica antes de la llegada de Cortés al Perú.

¹¹² Hoy se trata de reducir el numero de enfermedades al cual nos exponemos. Pero hemos de cuestionar cuan valida es esta estrategia a largo plazo, debido al ejemplo de los indígenas. Si efectivamente eliminamos las enfermedades, en un mundo hipotético e idealizado, nos pondríamos en riesgo de una masiva epidemia. En ejemplo análogo quizás seria la recién reevaluación de la conservación de árboles en los Estados Unidos. Antes se trataba de preservar todos los árboles, en contraste con la política indígena que ponía fuegos de vez en cuando. Se ha encontrado que la segunda es más efectiva, debido a que prohíbe la creación de masivos fuegos al lentamente eliminar el arbusto decaído y los árboles pequeños.

¹¹³ Estos hacen un análisis estadístico del número de descubrimientos hechos por año. Al principio, el número sube rápidamente porque los pozos más cercanos son fáciles de encontrar. A medida que se tiene que buscar más profundamente, el número empieza a disminuir. Aunque la producción del petróleo total aumente, como en la grafica de Tainter, la probabilidad de que más petróleo se encuentre disminuye.

Aunque se puede señalar que existen otros recursos de energía, tales como el carbón, estos son menos eficientes que el petróleo. Ahora mismo la energía solar y de viento no puede proporcionar la misma unidad de calorías que provee el petróleo. Como no se esta haciendo investigación intensa sobre el tema, Deffeyes tiene una visión negativa sobre el futuro del plantea. A medida que más naciones del mundo se industrializan, van utilizando estos recursos de manera

exponencial, reduciendo las cantidades globales de petróleo de manera inversa igualmente exponencial.

¹¹⁴ Fácilmente podemos ver la implicaciones negativas de contestaciones que critiquen la misma, y los conflictos consecuentes: la leyenda negra.

¹¹⁵ Robert K. Merton, fundador de la sociología de la ciencia, creo conceptos muy comúnmente utilizados hoy como *unintended consequences* en inglés, *role mode*, *self-fulfilling prophecy* y un sinnúmero de otras. Falleció el 23 de febrero de 2003. Estudiantes reconocidos suyos incluyen a Harriet Zuckermann. Merton, cuyo nombre actual fue Meyer R. Schkolnick, se opuso al extremo relativismo que había adquirido la sociología de la ciencia en años recientes. Irónicamente, esta se convirtió en anti-mertoniana.

¹¹⁶ Aunque las expediciones reales ocurren hacia el final del colonialismo español durante el siglo XVIII, son apropiadas para iniciar la sección debido a que estas caracterizan apropiadamente la relación que España tenía con la ciencia y el mundo colonial latinoamericano, tan afectado por la metrópoli que lo dirigía. Estas demuestran tanto las posibilidades como las limitaciones de una ciencia colonial hispana.

¹¹⁷ Mutis, en su clasificación de la cinchona de Nueva Granada, había cometido un error en clasificarlas solamente basada en su color. Este también había inventado un “nuevo” sistema de clasificación no tan eficiente.

¹¹⁸ La división dirigió su historia a una dirección diferente, en comparación con República Dominicana. No es un evento muy difícil de explicar, debido al hecho de que los españoles no habían demostrado interés por esa parte de la isla.

¹¹⁹ La relación entre las organizaciones científicas y la sociedad esclavista en la cual estas existían no es directa. No obstante, su clara relación con la sociedad blanca francesa fue suficiente para poner fin a estas. Tristemente, los esclavos negros no se dieron cuenta del importante papel económico que estas pudieron haber tenido en su nueva nación.

¹²⁰ Algunos historiadores caracterizan la trasplantación de especies como “robo”.

¹²¹ Existían varios métodos astronómicos, pero casi todos tenían problemas en su práctica. Estos también eran algo complicados, tomando un sinnúmero de cálculos. Uno de estos métodos de determinación era el usado por Francisco Caldas en Nueva Granada para determinar las posiciones de sus respectivas ciudades, la observación de los eclipses de Júpiter. Como existían tablas de la aparición de estos eclipses en Europa, se podía comparar el tiempo de observación con la tabla, se establecía la diferencia de tiempo, así determinando la longitud. Servía como punto de referencia, no por su posición en el cielo, sino por los cambios internos de las posiciones de estos que le circulaban. Era como mirar a la misma media luna desde dos distantes ciudades, así uniendo los dos observadores bajo un punto de referencia común. Pero este método no era práctico en mar abierto en la superficie inestable de una embarcación.

¹²² Curiosamente, deberíamos de mencionar que hay unas islas llamadas las “Islas de San Juan” por el estado de Washington que les recomiendo que visiten por su belleza natural.

¹²³ Podemos compararlas con las expediciones o estudios oceanográficos de la UNESCO.

¹²⁴ Se debería de señalar que el gobierno colonial español proveyó papel y lápiz a las expediciones.

¹²⁵ Un ejemplo de como se deberían de haber sentido estos investigadores científicos proviene quizás de otro parecido, Antoine de Jussieu durante la primera mitad del siglo. Al confiarle su cajón de especímenes de cinchona a su sirviente, este se los robo, llevándoselos a Brasil. Jussieu, en cambio, se retiró de las injusticias terrenales a las matemáticas puras para nunca escribir sobre la botánica por el resto de sus días. Aunque su ejemplo no tuvo que ver directamente con las Expediciones Reales, nos da una indicación de las frustraciones de los científicos novo hispanas. No era la primera vez, y sería un patrón común a través de su historia. Las investigaciones del primer botánico de América, Francisco Hernández, en la década de la década de 1570 no llegaron a la luz pública. Consistiendo de 6 volúmenes, esta se perdió en el fuego de El Escorial en 1671. Solamente un pequeño volumen italiano basado en sus extensas investigaciones fue publicado a mitad del siglo XVII.

¹²⁶ Debido a que esta revolución abarca tanto tiempo, es importante señalar que es más complicada de lo que se verá en el capítulo; solamente se verán algunos de los temas y de las figuras principales. Ciertamente hubo varios cambios en otras ciencias como la biología y la química, pero no fueron los eventos más importantes de este periodo. El florecer de estas ciencias llegaría más adelante. También se dejará el último personaje de esta revolución, Isaac Newton, para el próximo capítulo. El presente capítulo discutirá muchos de los cambios cuyo fueron sintetizados en el trabajo de esa grande figura.

¹²⁷ Parte del problema es que tenían un sistema numeral parecido al romano, que era muy difícil de hacer calculaciones complejas. Los griegos también eran puramente racionalistas, y no tendían hacia el experimentalismo, o sea la verificación de estas ideas en la naturaleza.

¹²⁸ Alexander luego extendió el mundo griego al medio oriente en su expansión militar.

¹²⁹ Curiosamente, la cosmología de Aristóteles no tuvo la predominancia en el mundo griego que tuvo durante el periodo medieval. Ciertamente se consideraba una teoría importante, pero no era la única que existió en su tiempo. Noten que la palabra en español no hace la distinción entre el fenómeno religioso del cielo con el fenómeno físico del cielo como lo hace en inglés: *heaven* y *sky*.)

¹³⁰ Aunque estos no dividían la física de tal manera, proyectaban la experiencia común a la realidad estelar. El movimiento estelar mesoamericano carecía de tales conceptos como la “inercia”, y por lo tanto así pudiendo servir como base astronómica para una ideología sangrienta e imperialista. Mease sección 2 del libro.

¹³¹ Esto no quiere decir que los romanos hayan desarrollado la ciencia griega, algo que no hicieron porque demostraban muy poco interés en la teoría y el pensamiento abstracto.

¹³² Para obtener una idea del estado penoso intelectual del mundo medieval, podemos tomar al caso de Isidoro de Sevilla en 600 AD. Este alegaba que para entender un objeto, uno solamente tenía que saber lo que su nombre significaba. Este explico que el saltamontes provenía de las mulas que se estaban descomponiendo. La matemática durante este periodo parecidamente se convirtió en numerología, donde había números “mágicos” que explicaban el porque de las cosas. Este fue un periodo muy “oscuro”, como se tiende a decir en ingles, *the Dark Ages*. Nunca deberíamos de subestimar el impacto negativo que la perdida del saber griego tuvo.

¹³³ Como Newton y Darwin, Copérnico había sido estimulado a su publicación por un joven estudiante llamado George Joacim Rheticus.

¹³⁴ Pero, a pesar de esta locura, Kepler tenía razón, aunque era solo una coincidencia. Este había hecho una correlación muy válida entre la revolución de los planetas y las figuras geométricas de los griegos--un rasgo que caracterizaría todo su trabajo científico.

¹³⁵ Tal es un perfecto ejemplo de la filosofía de Karl Popper, conocida como la falsificación, para describir la característica predominante de la ciencia.

¹³⁶ Esta representación gráfica nunca fue hecha por Aristóteles; el álgebra fue inventada por los musulmanes después de la caída de Roma.

¹³⁷ Este no se da cuenta de que no hay movimiento absoluto sino relativo y, por lo tanto, diferencia entre casos donde una bola de menor tamaño le da a una bola de mayor tamaño con aquel donde sucede lo inverso (la bola de mayor tamaño le da a la bola de menor tamaño).

¹³⁸ Energía es perdida al crear calor entre las bolas durante el choque. Hemos de notar que Descartes se diferenciaba de Huygens en que buscaba encontrar el mecanismo del mundo, en crear un modelo físico que explicaría su porque. En contraste, Huygens trataba de matematizar, si así le podemos llamar, el estudio del movimiento. En el proceso Huygens contribuyó al trabajo de Galileo.

¹³⁹ Es decir, la masa M multiplicada por el cuadrado de la velocidad (V^2).

¹⁴⁰ Este ingeniosamente utiliza un péndulo. La fuerza gravitacional en las diferentes partes de la tierra afecta la “órbita” del péndulo.

¹⁴¹ *Our country is a land of...barbarism. For now it is clear that down there [Spain] one cannot possess culture without being suspected of heresy, error, and Judaism. Thus silence has been imposed on the learned. As for those who take refuge in erudition, they have been filled, as you say, with a great terror...At Alcalá they are trying to uproot the study of Greek completely...* El autor reconoce el error, y pide disculpas, que tradujo al español una cita que originalmente estaba en español, pero que luego fue traducida al ingles en el texto secundario. Por razones de recursos, no pudo encontrar la cita original.

¹⁴² La palabra “ciencia” no se llegó a usar hasta 1840 por el pensador inglés William Whewell al describir cierto tipo de investigación filosófica.

¹⁴³ Francisco Bilbao haría una severa crítica de este poder social e intelectual en Chile en el siglo XIX.

¹⁴⁴ Otra facción del protestantismo, el calvinismo, orientó el individuo a su aplicación intensa. Aunque Juan Calvino argumentaba que el mundo estaba corrompido, como el ser humano no podía saber si era salvo o no, tenía que realizar actos buenos en el mundo para demostrar su buen predeterminado fin.

¹⁴⁵ Se puede observar con este ejemplo que la reacción teológica a los cambios científicos no se puede predecir y, por lo tanto, que no necesariamente inhibía el desarrollo científico.

¹⁴⁶ El jesuita que tuvo mayor impacto en el pensamiento de la Revolución Científica católico fue Rene Descartes.

¹⁴⁷ En el primer caso, había sido mal copiado, y, en el segundo, el representante del papa en España actuaba irresponsablemente, avergonzando a la iglesia italiana que representaba. Pero en ambos casos, para repetir, sus obras estaban claramente condenadas.

¹⁴⁸ La ‘mitad’ de los miembros de la Revolución Científica están incorporados en los índices inquisitoriales.

¹⁴⁹ Aunque se puede señalar que el número total de obras científicas en estas listas era bajo (86 obras o un 11%), en comparación con las medicas (245 obras o 32%), estas eran de las más importantes de su épocas. (No se debe de concluir la importancia de un tema por su presencia reducida en las estadísticas.)

¹⁵⁰ En el caso de Italia, centro de la iglesia romana, la fuerte tradición científica que se había desarrollado durante el siglo XVI decae sustancialmente para el siglo XVII. El número de obras teóricas decae después de 1633 y Marcello Malpighi se relocaliza a Inglaterra debido a la decaída del mundo científico en Italia.

¹⁵¹ La evidencia más clara quizás se convierte en el pobre estado científico en que se encuentran hoy en día España y Latino Americano; es una huella del su antecedente inquisitorial. Irónicamente, el caso demuestra cuán grande ha sido la influencia de la religión en la ciencia—tanto como fuerza positiva (en su cultura) como fuerza negativa (en su ciencia). Aunque se puede señalar que la Inquisición sólo se limitó a restringir la influencia de esta secta cristiana (la protestante) en el mundo católico español, no limita la gran magnitud de su impacto en el mundo intelectual hispánico. Al causar la decadencia de la ciencia hispana demuestra que la religión, cuando se lo proponía, podía ser una fuerza social poderosa. Considerándola a la luz del estímulo que el protestantismo le dió a la ciencia anglo-sajona, se demuestra el tema general de la presentación—o sea la relación ambigua que ha tenido la religión, en particular el cristianismo, con la ciencia a través de su historia.

¹⁵² Nos referiremos a esta obra como *Principia*.

¹⁵³ *Royal Society of London* en inglés.

¹⁵⁴ La que dominaba ciencia newtoniana en este caso era du Chatelet, no Voltaire.

¹⁵⁵ De hecho, historiadores que glorificaban a Newton como el apogeo de raciocinio occidental por años negaron que este trabajaba activamente en la alquimia y la teología.

¹⁵⁶ Nace en 1642. Durante su juventud estudiantil es sobresaliente académicamente. Este se entretiene haciendo modelos en madera como un pequeño molino de viento. En 1661 asistió a la *Trinity College* en la Universidad en Cambridge. Aquí estudia con Isaac Barrow quien le presentó a los escritos de Descartes, Galileo, Kepler y otros. Newton construye un telescopio acromático, quien lo demuestra en una reunión de la Real Sociedad de Londres. Durante la peste bubónica de 1665 y 1666, regresa a su casa donde adelanta grandemente la ciencia de su tiempo al modificar el concepto de la fuerza. Newton nunca se casa o tiene hijos, viviendo una vida ascética parecida a la de un monje. En 1669 le fue otorgado una prestigiosa cátedra de matemáticas en la universidad. Escribe su *Principia* entre 1686 y 1687 y, pocos años después, es nombrado al Parlamento. En 1705, se le confiere el título de Caballero por los Reyes de Inglaterra, curiosamente no por su libro sino por sus actividades políticas. En 1696 es nombrado director de la Casa de la moneda e inventa las rayitas que se ven tajadas en la orilla de todas las monedas que usamos hoy día. En 1704 publica su *Óptica*, y en 1713 aparece la segunda edición de la *Principia*. En esta, Newton refuta responde a los críticos con su “hipótesis non fingo”, alegando que no inventaría ideas de la nada al igual que no especularía sobre las causas básicas de los fenómenos. En 1727 muere esta figura tan humana como brillante.

¹⁵⁷ Imaginémonos un cuadrado dentro de un círculo. Luego aumentemos el número de lados del polígono a 5, 6, 10, 20 lados. Claramente, a medida que el número de lados del cuadrado original aumenta, su área se aproxima más cercanamente a la del círculo. Se puede hacer lo mismo con un cuadrado impuesto al exterior del círculo, o lo mismo- un círculo dentro de un cuadrado. En ambos casos estamos “cuadrando el círculo”, metafóricamente.

¹⁵⁸ Newton estaba en desacuerdo alegando que, como la torre de donde se soltó el objeto hipotético viaja más rápidamente que la base, el objeto viajaría circularmente hasta llegar al centro de la tierra. Newton estuvo incorrecto en este punto.

¹⁵⁹ $(500-300) + 100 = 300$

¹⁶⁰ *Labor savings devices* en inglés.

¹⁶¹ Mientras que Fahrenheit usó la temperatura de un hombre saludable, Celsius usó la temperatura del vapor sobre el agua hirviente. Hay quizás que notar que la temperatura bajo la cual el agua hierve en una constante presión siempre es la misma. En otras palabras, no importa cuanto calor se le someta el agua, siempre hervirá a la misma temperatura bajo la misma presión, creando así un método para establecer puntos fijos en el termómetro. La escala que Caldas usaba, la Reaumur, el punto de ebullición del agua era 80, mientras que la de Fahrenheit era 100 y la de Celsius unos 37.77.

¹⁶² Como parte de su esquema comercial, Caldas también recomendó la trasplatación de la “vicuña” de Perú (animal parecido a la llama) a Nueva Granada. Caldas reconoció que la vicuña era el animal de carga más importante de todo el continente y su “trasplatación” afectaría beneficiosamente la economía local.

¹⁶³ Sería interesante comparar a ambos, pero queda fuera del alcance del tema de este libro. Quizás es importante señalar que mientras Darwin provino de una familia adinerada y siempre tuvo una vida económicamente segura, lo que le permitió viajar por toda América Latina por cinco años, Caldas, por lo general, tuvo recursos limitados, realizando viajes en un periodo de tiempo y espacio más reducidos.

¹⁶⁴ Hubo alguna duda en el siglo XVII, pero para el próximo siglo su validez había sido comprobada.

¹⁶⁵ En este sentido, el trabajo de La Condamine fue más exacto.

¹⁶⁶ Las causas de la independencia de América Latina son complejas y variadas, y fuera del esquema del libro. “Accidentes” históricos ciertamente tuvieron su parte, al igual que problemas estructurales. El control de Napoleón sobre España en 1808 y luego su creación de una Constitución española en 1813 tuvo algo que ver. La ineptitud del rey Fernando VII después de la caída de Napoleón en 1814 y su inhabilidad de reaccionar apropiadamente fueron otros factores. El monopolio económico que ejercían las casas de Cádiz donde Mutis había nacido también fueron otro factor. También hay que señalar los periodos de hambruna entre 1808 y 1813 en regiones como México también fueron otras causas. Factores psicológicos, tal como el crecimiento económico que había ocurrido durante la segunda mitad del siglo XVIII y la crisis económica durante los principios de siglo XIX también tuvo algo que ver.

Las causas económicas fueron tan graves como profundas. Tanto el gobierno colonial en América como el gobierno español había llegado a un estado económico precario. El virrey de Lima, José Fernando de Abascal, había cobrado tantos impuestos, que cuando Joaquín de la Pezuela subió al comando, no tuvo otras fuentes de ingreso para poder manejar nuevas crisis. En México, los impuestos subieron de unos 49 millones de pesos a 80 millones de pesos en 1816. Una situación ocurría en España donde el gobierno había forzado unos impuestos a las uniones de Málaga de 3 millones de pesos en 1814; estas fueron deudas no reconocidas por el gobierno Español hasta 1837. La queja principal de los revolucionarios de Morelos en México era con respecto a los impuestos que se les cobraban. Parecidamente, las haciendas en el Perú habían expandido, quitándole tierras a indios agricultores usaban para pagar los incrementantes impuestos gubernamentales. O sea, la combinación de estado y hacienda despojo al indígena, así quitándole su medio de sobrevivencia y sustento.

¹⁶⁷ *But what if our elders...had followed simply the same path as those before them?...it seems good for philosophers to move to fresh ways and systems, good for them to allow neither the voice of the detractor, nor the weight of ancient*

culture, nor the fullness of authority, to deter those who would declare their own views.

¹⁶⁸ Referido como *gravitational lensing* en inglés.

¹⁶⁹ Su nombre italiano era Giovanni Domenico. Notemos que, aunque Galileo también había recomendado la idea, los telescopios eran de una baja resolución en su época.

¹⁷⁰ No se le había otorgado el premio debido a los humildes orígenes de Harrison; hombres de más alto estatus social y entrenamiento académico que pensaban ser mejores que un simple carpintero. Algunas veces las contestaciones surgen del simple trabajo largo, enfocado y determinado; no por la momentánea inspiración.

¹⁷¹ Amerigo Vespucci, hombre mentiroso e engreído, consiguió nombrar al continente al engañar en 1507 a Martin Waldseemüller, un cartógrafo alemán; a pesar de que este cambió su mapa para 1513, el nombre ya se había establecido en la imaginación popular.

¹⁷² Un libro que narra cada segundo de la vida sería inútil, con poco valor, a pesar de que tenga miles de páginas.

¹⁷³ Aunque uno se imaginaría que el sistema newtoniano, proveniente de una sociedad protestante, fuese usado para atacar la existencia de Dios, este se usó para su defensa. En contraste, fue el sistema católico de Descartes que se utilizó para el apoyo ateo. Algunos académicos señalan que el dios cartesiano se menciona solamente para satisfacer a la Iglesia y a la Inquisición. Al consistir completamente de materia, este efectivamente removía a Dios como figura principal del esquema universal, a pesar de que formalmente Descartes nunca tomó dicha posición. Tal como Escher, Descartes no es lo que aparenta ser. En comparación, la falta de un mecanismo físico para la fuerza de la gravedad Newtoniana abre un espacio amplio para la actividad de Dios. Las implicaciones religiosas de cada sistema científico aumentarían el elemento emotivo debido al contexto contrarreformista.

¹⁷⁴ Al haber hecho un mapa de Francia, ya se había establecido la medida del arco a esa latitud, la que se comparó con la medida determinada por Maupertuis en el polo norte. Aunque una expedición solamente era necesaria, huyendo a ambos extremos, el polo y el ecuador, aseguraba una medida exacta. Recordemos que no de sabían cuán pequeñas o grandes iba a ser las discrepancias, debido a la discrepancia que diferentes teorías generarían.

¹⁷⁵ Otro punto de conflicto era que Godin quería medir a lo largo de una línea de latitud, a lo que La Condamine y Bouguer apropiadamente se opusieron. Se hubiese tenido que usar métodos inciertos para establecer la longitud a través de todo el proyecto, mientras que la determinación de latitud era más fácil y precisa ya que se basaba en la medida de los ángulos de las estrellas en el cielo nocturno. Otro problema que enfrentaron fue que tuvieron que hacer un sinnúmero de otras observaciones científicas que le quitaban tiempo apreciado a sus determinaciones principales: observaciones de la flora y fauna natural, de las condiciones climáticas, etc. Por si esto fuera poco,

¹⁷⁶ Hubo otros problemas “externos” a los problemas “internos” de sus actividades científicas. Estos incluyeron: enfermedades, oposición de las autoridades locales y por dificultades climatológicas. En una ocasión, Godin peleó con los habitantes de un pueblo; La Condamine y Bouger tuvieron que huir para salvar sus vidas. Todos los miembros terminaron peleados entre si mismos.

¹⁷⁷ George Basalla hizo generalizaciones muy apropiadas sobre el carácter de la ciencia colonial, generalizaciones que se extienden a América Latina a pesar de que esta no había sido su región principal de estudio. Pero es una aseveración acrónica, no aislada solamente a la época colonial per se. Véase capítulo 27.

¹⁷⁸ Para determinar las distancias entre dos puntos a varias millas de distancia, simplemente no se puede tomar una regla y medir cuántos pies o metros existen. Del mismo modo, no se puede viajar alrededor del mundo con una gigantesca cinta para medir la circunferencia de la Tierra. La misma situación ocurre con las distancias entre la Tierra y el Sol, al igual que el radio de la Vía Láctea o la distancia entre las galaxias. El hombre siempre será más pequeño que su mundo, sea una galaxia, un planeta o un estado y, por lo tanto, tiene que regirse bajo datos indirectos para obtener una firme idea del mundo en que vive. Con herramientas como la geometría y la triangulación, se puede obtener unos datos simples que permiten crear un modelo fiel del mundo en el que se vive. Al igual que el arte, el modelo puede ser ficción dependiendo del nivel de precisión y refinamiento. Aún cuando el modelo refleje precisamente la realidad, no se debe olvidar que este modelo es siempre una creación humana que distorsiona, de una manera o otra, nuestro entender del mundo. No que es que sea una mala cosa, sino que es un proceso natural del entender humano y, por lo tanto, debemos de ser algo flexible a otros modelos que existen. Ciertamente, no todos los modelos van a tener el mismo nivel de validez, pero tal es un hecho que no se puede establecer hasta que se hayan comparado y analizado detalladamente.

¹⁷⁹ Los poemas épicos de Homero muestran una imagen de la Tierra como si fuese un pedazo de papel; al analizar otros datos, Aristóteles se da cuenta que la Tierra es un globo, mientras que el mundo medieval regresa por un tiempo a la imagen homérica del mundo al nivel popular. Del mismo modo, aún cuando Cassini analiza el arco del meridiano en París, llega a una imagen diferente de la que Newton había formado por medio de sus matemáticas. También se puede señalar que, aún cuando los mismos datos se pueden obtener con diferentes instrumentos, su interpretación puede variar substancialmente. La misma altura del barómetro en esa época podía significar diferentes alturas, dependiendo de lo que uno asumía sobre la homogeneidad de la atmósfera y su efecto de presión en el mercurio. La teoría es más válida que los datos debido a que pueden sufrir un sinnúmero de problemas. Algo que atrasó los trabajos de Bouger y La Condamine fue precisamente su preocupación con la precisión de sus observaciones; sin este perfeccionismo, es muy probable que su respuesta hubiese sido contraria a la de Maupertuis y, por lo tanto, no llegar a ningún tipo de acuerdo.

¹⁸⁰ No se puede ver al estado de Florida ni el país de Francia desde nuestra perspectiva diaria en su totalidad; menos aun al globo terráqueo en su totalidad. No fue hasta los viaje al espacio en la década de 1960 que el hombre vio por primera vez a la Tierra en su totalidad, al igual que al estado de Florida—lo que sorprendió al astronauta Neil Armstrong.

¹⁸¹ Obra brevemente descrita en el capítulo 12.

¹⁸² La Sociedad también hizo investigación para averiguar sobre la existencia de minerales preciosos (oro, plata, cobre), al igual que el estudio de plantas con valor económico como la canela, la pimienta, el clavo, etc.

¹⁸³ Es decir, la manera en que una pieza intelectual se podía “tocar” tal como se toca una pieza de guitarra clásica.

¹⁸⁴ El atomismo de Descartes disminuía la importancia de los cuatro elementos básicos al notar que estos no eran tan básicos como se pensaba dado que estaban compuestas de partículas más pequeñas

¹⁸⁵ *Nothing has been a more trite and erroneous subject of vulgar remark than the ignorance of the lazy Dons...It has been so frequently repeated and so widely proclaimed that many of our honest patriots sincerely believed the Spainards are by a great difference their inferiors. A moderate inquiry will evince that New Spain has produced a full proportion of respectable observers and of valuable writings...*

¹⁸⁶ Una menor base significaría un menor núcleo con el cual desarrollar la comunidad científica de la nación por medio de la educación; que en si significaría un crecimiento paulatino.

¹⁸⁷ No deberíamos de olvidar que Darwin viajó durante el siglo diecinueve a una América Latina que ya no existe—con un bajo nivel de desarrollo preservando así su completa y bella diversidad natural y con un alto nivel de especialización biológica.

¹⁸⁸ La frase “fox y hedgehog” fue popularizado por Isaiah Berlin, historiador intelectual de Europa.

¹⁸⁹ *The causes of the distribution of species...are among the number of mysteries which natural philosophy cannot reach.... / The accidental concurrence of the same causes must everywhere have produced the same effects.*

¹⁹⁰ Guano es excreta de pájaro secado en un medioambiente desértico, con bajos niveles de humedad y lluvia. Su descubrimiento en Perú causó una breve oleada de desarrollo económico, que, como ocurre con todas las economías basados en recursos naturales, que termino al haber minado todos los fuentes disponibles sin ningún tipo de planificación adecuada.

¹⁹¹ Este termino se esta creando para tratar de caracterizar el pensamiento de Humboldt; no se usa corrientemente en la disciplina de la historia.

¹⁹² Los románticos alegaban que el hombre podía conocer la esencia de las cosas por medio de la introspección, una idea parecida a la filosofía católica de la época medieval. El hombre no tenía que distorsionar los objetos al ponerlos en una

condición artificial en sus experimentos, sino que podía observar la naturaleza como ella misma existía.

¹⁹³ Consulte el capítulo 5 y 20.

¹⁹⁴ Su estadía en París lo había puesto en contacto con la ciencia francesa, la más avanzada en aquella época, orientándolo en nuevas direcciones. Aunque algunos caracterizan su filosofía como ecléctica, yo diferiría dado que la filosofía ecléctica combina elementos contradictorios en un mismo esquema. Humboldt combina diferentes elementos complementarios, distinción importante, creando así un nuevo paradigma científico. Su filosofía se puede observar claramente durante en las descripciones de sus viajes por el Orinoco.

¹⁹⁵ La generación de una demanda tiene más impacto que vocalizaciones formales en oposición y protesta a las consecuencias causadas por dicha demanda.

¹⁹⁶ La perla en sí es creada por la entrada por algún grano de arena que irrita a la ostra y, por lo tanto, le añade material para que el grano no sea tan irritante.

¹⁹⁷ El pico de Teide es una montaña volcánica, y por lo tanto de interés para Humboldt.

¹⁹⁸ Humboldt, al viajar por los llanos, se sorprendió cuantas veces él y Bonpland tuvieron que recurrir a este método de “purificación”.

¹⁹⁹ Nótese que la revolución industrial esta ocurriendo durante esta época.

²⁰⁰ Que Darwin no publicaría sus ideas hasta 1865 no significa necesariamente que Humboldt no tuviese gran influencia. Hay que señalar que Darwin escribió sus ideas por primera vez poco después de haber regresado, pero se tardó unos 20 años en lo que recopila la información necesaria para probar su caso. Si se concluyese algo por la tardanza sería solamente observar cuan fiel Darwin había sido al paradigma humboltiano.

²⁰¹ Ciertamente, se puede trazar diferencias superficiales entre los dos. En términos biológicos, Humboldt era principalmente un botánico, no un biólogo en el sentido darwiniano. Cuando Darwin le envió un ejemplar de su *Voyage of the Beagle*, Humboldt lo recibió favorablemente, pero comentó que el único problema con el libro era que no hacía comentarios más profundos sobre la flora americana. La selección natural de Darwin todavía estaba en su infancia, sin haber sido expuesta al público en general, y este llegaría a sus ideas por medio de la fauna, no la flora. Humboldt nunca se enteró sobre la evolución de Darwin. Murió en 1859, seis años antes de su publicación. No parece que Darwin tuvo algún tipo de relación directa o fuerte con Humboldt. Al regresar de su viaje, Darwin se casa y se traslada a Down House, donde permanece por el resto de su vida.

²⁰² Aquí hay que preguntar qué tipo de influencia intelectual cuenta como válida y legítima. ¿Se debe contar sólo las relaciones personales y cercanas como las únicas válidas? Si es así, habría que descontar el papel de Humboldt y e incluir a figuras como Lyell y Hooker, quienes fueron íntimos amigos de Darwin. Pero tal definición es una superficial, debido a que la historia de la ciencia se ha caracterizado igualmente por influencias entre personajes de diferentes épocas, tal

cuando se redescubrieron los griegos. En el mismo caso de Darwin, este no conoció a Lyell hasta después de su viaje, no antes. Si se acepta esta definición, no se puede rechazar la influencia que Humboldt tuvo en Darwin. No importe si Humboldt rechazaría la idea de la evolución, quizás lo que importa es la idea que Darwin formó de Humboldt y la función que esto creó en el desarrollo de sus propias ideas. Muchas veces, la realidad no es lo importante sino lo que se cree de esta.

²⁰³ *Observations of individual parts of trees or grass is by no means to be considered plant geography; rather, plant geography traces the connections and relations by which all plants are bound together amongst themselves, designates in what lands they are found, in what atmospheric conditions they live...and describes the surface of the earth in which humus is prepared.* (P. xvii)

²⁰⁴ *In England any person fond of natural history enjoy in his walks a great advantage, by always having something to attract his attention; but in these fertile climates, teeming with life, the attractions are so numerous, that he is scarcely able to walk at all.*

²⁰⁵ Por ejemplo, la revolución bacteriológica en la medicina ocurrió unos 20 años después de la aparición del *Origin* de Darwin. El descubrimiento que algunas enfermedades se expandían por medio de la bacterias (una entidad que entonces se desconocía) en vez de la miasma, un termino que el mismo Darwin usa en su narrativa. A pesar de esto, las observaciones de cambios genéticos manifestados en la forma de los cuerpos era suficiente legítimas como para llegar a la creación de la genética por Mendel durante la época de Darwin, que luego se probarían más rigurosamente. Curiosamente, Darwin no llegaría a la idea de la “transmutación”, como el lo llamaba, por medio de la observación de cambios biológicos, sino por preguntas con respecto a la distribución de las especies--en particular la distribución de los animales en las islas de Galápagos.

²⁰⁶ En su narración del viaje, *Voyage of the Beagle*, Darwin nos da ciertas impresiones que no son completamente ciertas, particularmente respecto al impacto del mismo. Cuando Darwin tuvo la certeza de que iba en el viaje, rápidamente reunió todo lo que consideró necesario para este y se marchó a la ciudad portuaria de Portsmouth de donde zarpo en el mes de octubre. Pero los preparativos tomaron más tiempo de lo que esperaba, por lo que se vio obligado a esperar dos meses adicionales para zarpar. La anticipación y el estrés que sufrió durante la espera lo llevó a comenzar un diario, buena costumbre que ayudó a desarrollar su habilidad literaria. También fue ayudado por la rutina diaria de Fitzroy, a quien Darwin imitó casi al pie de la letra. Fitzroy acostumbraba escribir sus notas y observaciones todas las tardes, lo que Darwin comenzó a hacer como rutina todos los días. Se benefició en que, al escribir sus notas cuando todavía cuando las experiencias estaban frescas en su mente, desarrolló una grande compilación que le sirvió como una fiel base de datos extensos y detallados.

²⁰⁷ Darwin llegó a acumular una inmensa colección de anotaciones, que servirían de utilidad a este y futuros historiadores.

²⁰⁸ *Uniformitarianism* en inglés.

²⁰⁹ *A bad earthquake at once destroys our oldest associations: the earth, the very emblem of solidity, has moved beneath our feet like a thin crust of fluid;—one second of time has created in the mind a strange idea of insecurity, which hours of reflection would not have produced.*

²¹⁰ No obstante, su teoría de evolución no se basaba simplemente en uno que otro ejemplo, sino en la vasta recopilación de datos del mundo natural a través de unas tres décadas.

²¹¹ Oso bezudo o *sloth* en inglés.

²¹² Quizás es en este sentido que se pueda decir que América Latina contribuyó a esta historia, pero sería una alegación vacua. ¿Cuántos otros naturalistas europeos y de la misma región la habían estudiado sin haber elaborado tales ideas?

²¹³ *Nothing in biology makes sense, except when seen in the light of evolution.*

²¹⁴ La historia de la ciencia no es un cuento tan simple como la conquista del “bien” sobre el “mal”. También hay que mencionar que esta historia tiene tanta complejidad, que solamente se discutirá pocos puntos de una historia mucho más amplia.

²¹⁵ *Great chain of being* en inglés.

²¹⁶ Es interesante señalar que estas ideas fueron los precursores de la ecología moderna.

²¹⁷ “*Nature red in tooth and claw*” en inglés.

²¹⁸ *Bell curve* en inglés.

²¹⁹ Estudios ecológicos demuestran dinámicas parecidas, usados por algunos para apropiadamente argumentar el beneficio de ser vegetariano en vez de tener una dieta inclinada hacia la carne. La aplicación de la termodinámica al campo demuestra que al subir la ‘jerarquía’ de especies, sube exponencialmente la energía requerida para alimentar las especies a lo alto de la cadena. Por lo tanto, si una dieta humana se basa en aquellas especies más abajo en la cadena, nuestro impacto a la jerarquía de vida disminuye.

²²⁰ El termino se refiere a especies que tienen la potencialidad de divergir de la población original para crear una nueva especie.

²²¹ Una especie se diferencia de otra solamente por la inhabilidad de cruzarse sexualmente, la línea de demarcación biológica.

²²² En otras áreas geográficas y periodos históricos, el termino se refiere a otra serie de ideas y de pensadores, como Ernst Mach en Europa al final del siglo XIX.

²²³ La epistemología se refiere al estudio de las fundaciones y límites del conocimiento humano. El vitalismo se refiere a un cuerpo de pensamiento biológico que postulaba la existencia de una misteriosa fuerza interna que daba vida a los seres vivos.

²²⁴ El estudio de las estrellas fue revolucionado por el desarrollo de la espectroscopía.

²²⁵ Quizás producto de su tradición ecléctica-Jesuita del periodo colonial, los pensadores latinoamericanos en general no hicieron la distinción entre estos dos elementos de su filosofía. La mayoría parecen haber aceptado la validez de sus ideas *en toto* y, por lo tanto, dando a la creación de cosas tales como una “Iglesia Positivista” en Brasil y la formación de una elite técnica en México que se hacían llamar los “científicos”.

²²⁶ Notemos que el termino “materialismo” no se refiere a la avaricia económica sino a un énfasis tangible en su estudio del mundo natural. Se rechaza lo intangible como factor causal.

²²⁷ El proceso de modernización por su propia naturaleza hubiese provocado a tales ataques a la Iglesia, independientemente de la existencia del positivismo.

²²⁸ Notemos que durante este periodo, habían un sinnúmero de periódicos publicados donde un gran número de opiniones se podían expresar.

²²⁹ Los federalistas o antifederalistas estadounidenses, descendientes de una tradición anglosajona y lockeana, tendían a ver el desarrollo del ser humano de forma más sutil, y quizás más “sociológica” que los mismos científicos mexicanos. Es decir, estos reconocían que existían dinámicas en la cuales jugaban elemento sociales que contrarrestaban cualquier falta de humildad en el hombre. Por ejemplo, la posesión de propiedad aumentaba la estabilidad social al estimular un interés en eventos locales para preservar dicha propiedad privada. Aquellos que eran dueños de sus hogares tendrían un gran incentivo para mantener la paz, en comparación con aquellos que solamente alquilaban sus hogares y que podían mudarse de surgir cualquier problema. El análisis político de los federalistas y anti-federalistas estadounidense consistía en la incorporación de complejidades, las propiedades emergentes no previstas de las unidades individuales por si solas, no encontradas en el diálogo latinoamericano.

²³⁰ Comte, como Newton era una figura transitoria. Como se ha mencionado, Newton, a pesar de que creó la nueva ciencia y el racionalismo moderno, era un hombre místico que se preocupaba grandemente por la alquimia y la teología.

²³¹ *...[T]he same medical customs will be found to prevail...for several hundred miles along the coast...although divided into so many different nations.*

²³² El “chupacabras” que se dio a medios de la década de 1990 en Puerto Rico podría ser otro ejemplo.

²³³ La región latinoamericana se puede separar la región en tres grupos raciales y culturales básicos: el africano en el Caribe y Brasil, el indígena en la región de México, Centro América, Perú, y Ecuador y el europeo en el cono sur.

²³⁴ Aunque Inglaterra había abolido este comercio humano en 1804, no fue hasta 1888 que se abolió en Brasil. En Cuba fue un proceso que tardó unas dos décadas, entre 1860 y 1883. A pesar de que se terminó la esclavitud en Haití con su revolución al principio del siglo XIX, esta se mantendría en un estado pobre y caótico.

²³⁵ No deberíamos de olvidar que nuestro punto de vista científico es favorecido por los esfuerzos de nuestros antecedentes intelectuales históricos; en la mayoría de los casos nosotros como individuos no contribuimos directamente a ello. Por lo tanto, no podemos caer en el la fallecida lógica del prejuicio en que equivale el individuo a su sociedad. Es decir, aunque creemos en la gravedad, obviamente no inventamos el concepto. Semejantemente, que un individuo sea de la cultura 'Occidental' no signifique que sea entrenado en la misma, o que entienda una fracción de las mejores ideas de esta.

²³⁶ *Sleeping sickness* en inglés.

²³⁷ *Doctrine of Signatures* en inglés.

²³⁸ Cabe señalar que no todos los países africanos fueron colonizados por los europeos durante los siglos XVIII y XIX. Una excepción notable fue Etiopía, que tiene una serie de montañas que le dan una fuerte protección contra invasores. Aun la invasión de Italia de Etiopía a medios del siglo XX fracasó.

²³⁹ Rodrigo Fernós, *Medicine and International Relations in the Caribbean: Some Historical Variants* (forthcoming).

²⁴⁰ Si todos los miembros de una comunidad tienen que dedicar la mayor parte de su esfuerzo a la sobrevivencia o la búsqueda de comida, entonces se va a hacer difícil el desarrollo científico debido a la falta de especialización laboral. La sociedad compleja es la base requerida para todo tipo de desarrollo científico. Ver capítulo 4.

²⁴¹ A pesar de esta explicación general, es algo difícil explicar por qué no se desarrolló, y se puede usar un sinnúmero de explicaciones, como sucede cuando se trata de explicar el porqué e la Revolución Científica no ocurrió en otras partes del mundo. Pero a un nivel más sencillo, se puede señalar que cualquier factor que impidiese el desarrollo de una sociedad compleja, también impidió el desarrollo científico. Por lo tanto, la falta de factores que se ha discutido anteriormente, como una mala geografía, flora y fauna, son causas contundentes que explican fácilmente el porque de su atraso.

²⁴² El lector puede asesorarse de su validez al tratar de multiplicar II x XII, "dígitos" muy diferentes a los usados hoy día.

²⁴³ Los números "arábigos" son actualmente de India. Elementos se introdujeron en la India durante la expansión de Alexander en 400 BC, luego absorbidos durante el periodo islámico entre 700-1400 AD. Estos luego se difundieron al mundo occidental durante el siglo trece, al final del periodo medieval. Indios usaron una base decimal (10) en vez de la griega sexagesimal (60), que a su vez facilitó otros desarrollos.

²⁴⁴ No se debería de asumir que su presencia es negativa. Después de todo, muchos de los científicos más desatacados en la historia eran sumamente religiosos.

²⁴⁵ Dado la creencia popular del chupacabra hace unos cinco años, quizás podríamos especular que es algo prominente en el campo, pero hasta qué grado, se desconoce.

²⁴⁶ La prevalencia del paradigma SHA en este estrato se pudo trazar a fines del siglo XIX, cuando la esclavitud todavía existía en Brasil, mientras que ya se había abandonado en la mayoría de los países latinoamericanos. Se sabe que las clases altas recurrían en una mayoría de casos a domésticas africanas, que, además de limpiar y cuidar sus hijos, los amamantaban. Se podría decir que las esclavas tuvieron su venganza por medio del amor. Al criar los hijos de la clase alta, estas le inculcaron su cultura SHA a los líderes de la nación. La revolución demográfica que ocurrió mediante la esclavitud en Brasil, conllevó una revolución cultural.

²⁴⁷ *Truth recognizes no national boundaries.*

²⁴⁸ José K. Ducci, ed., *Ciencias Físicas*, vol. 5, *Trabajos del Cuarto Congreso Científico (I.O Pan-Americano celebrado en Santiago de Chile del 25 de diciembre de 1908)* (Santiago de Chile: Imp. Enc. y Lit. Barcelona, 1910); Ricardo Poenish, ed., *Matemáticas Puras y Aplicadas*, vol. 6, *Trabajos del Cuarto Congreso Científico (I.O Pan-Americano celebrado en Santiago de Chile del 25 de diciembre de 1908)* (Santiago de Chile: Imp. Enc. y Lit. Barcelona, 1910).

²⁴⁹ Donde w = velocidad angular de rotación, a = la distancia del centro de la elipsoide, f = la fuerza de la gravedad, y M = la masa del cuerpo.

²⁵⁰ La excepción parece haber sido en el volumen de la química, pero esto se discutirá después.

²⁵¹ 1888-1899, 1900-1905, 1912, 1915, 1919, 1921, 1922, 1930.

²⁵² Belisario Díaz Ossa, ed., *Ciencias Químicas*, vol. 4, *Trabajos del Cuarto Congreso Científico (I.O Pan-Americano celebrado en Santiago de Chile del 25 de diciembre de 1908)* (Santiago de Chile: Imp. Enc. y Lit. Barcelona, 1910).

²⁵³ El caso del ganado argentino es basado con valores de 1950.

²⁵⁴ Sería como proyectar el fin de una batalla a la historia de sus comienzos cuando en verdad ninguno de los contrincantes podría haber sabido sus resultados.

²⁵⁵ Si tomamos a personajes alemanes como Federico Ristenpart, director autocrático del Observatorio Nacional después de Obrecht, se podría decir de la Barra tenía un punto. El punto es desarrollado en la segunda sección del capítulo.

²⁵⁶ *Two men, both equally wise, honest, and capable, may have diametrically opposite views on almost any subject.... Everything depends on the respective standpoints they view it from. As between European and Chinese, the principal difference affecting their respective judgements is antecedent education—using the word in its widest sense. Education in this sense is very much a matter of birth, a thing we cannot control.*

²⁵⁷ Todo lo opuesto fue el caso. Ashford le había brindado un alto nivel de prestigio social, por el cual sus estudiantes entraban a una 'burbuja protegida' en comparación con los estudiantes médicos chinos.

²⁵⁸ Traducción del autor.

²⁵⁹ Lo mismo se podría decir de Inglaterra debido a la pobre recepción de las ideas de Manson en su llegada de China.

²⁶⁰ La prevalencia de la raza china en Hong Kong hubiese ‘garantizado’ su respeto bajo tales circunstancias hipotéticas.

²⁶¹ *The present state of the nations is the result of the accumulation of all discoveries, inventions, improvements, perfections and exertions of all generations which have lived before us; they form the intellectual capital of the present human race, and every separate nation is productive only in the proportion in which it has known how to appropriate those attainments of former generations and to increase them by its own acquirements.*

²⁶² Véase capítulo 4.

²⁶³ Mejores tecnologías no necesariamente dan a revoluciones científicas inmediatamente

²⁶⁴ Su contribución fue inventar el condensador, que mantenía el motor en un alto estado de calor.

²⁶⁵ Los estudios de relámpagos por Benjamín Franklin dieron a la protección de edificios por el “*lighting rod*”, instalado en todo edificios moderno, el desarrollo de la planta eléctrica nuclear .

²⁶⁶ Existen un sinnúmero de “revoluciones industriales”, pero típicamente se refiere a las innovaciones en el campo de textiles en Inglaterra como al “Revolución Industrial” (con mayúsculas).

²⁶⁷ Referido como *bottlenecks* en inglés.

²⁶⁸ Aunque el ímpetu por su desarrollo se estima como una fiebre tecnológica, tal como la expansión de las computadoras, no tuvo un impacto beneficioso económicamente. Es decir, aunque transformó el sistema de transportación en Inglaterra, su beneficio inicial era insignificante, en parte porque el tamaño del vagón era más pequeño de lo que debió haber sido y, por lo tanto, no alcanzó la eficiencia en costos de transporte que pudo haber logrado

²⁶⁹ *Undershot wheel* y *overshot wheel* respectivamente en inglés.

²⁷⁰ *Breast wheel* en inglés.

²⁷¹ Una diferencia es que también carecían de buena transportación como el ferrocarril, que hubiese abierto mercados grandes, y así estimulando el desarrollo de industrias a escala grande.

²⁷² *Non durable goods* y *capital goods* , respectivamente, en inglés.

²⁷³ El ferrocarril, no tuvo semejantes repercusiones científicas, a pesar de que este no estuvo ligado a la ciencia latinoamericana como lo fue el motor con la ciencia europea.

²⁷⁴ El bajo nivel científico de la región implicaba una dependencia tecnológica que debilitaba el estímulo científico en la economía, como se ve el caso de Cuba.

²⁷⁵ Pero el sistema de trenes que se desarrolló era diferente del que nos imaginaríamos. No fue desarrollado por los ingleses, quienes habían inventado el

ferrocarril, sino por los estadounidenses, quienes habían adquirido y desarrollado esta tecnología. El impacto del ferrocarril en EEUU fue grande. Al abrir nuevas fronteras y unir los dos extremos, el ferrocarril lanzó la nación a un marcado periodo de crecimiento económico dominado por un mercado interno.

²⁷⁶ Farquar fue caracterizado por Fred Rippey como “imperialista Yanqui”.

Termino es conocido como *reverse transfer of technology* en inglés.

²⁷⁷ Mientras Alemania estimuló el capitalismo “cooperativo” (de grupo), Inglaterra se mantenía firmemente enfocada en el capitalismo “competitivo” (de individuo). Curiosamente, el sistema educativo alemán era parecido al de América Latina, que, a mediados del siglo XIX, estaba dominado por universidades que enfatizaban más la ley y la teología que la ciencia o la tecnología. Observadores como Friedrich List estudiaron el sistema británico y se dieron cuenta de que la educación había sido muy importante. Durante la segunda mitad del siglo, el káiser Wilhelm II desarrolló las escuelas técnicas, dándole el derecho de otorgar doctorados sancionados por el estado a la par con aquellos otorgados por las universidades. Estas escuelas científicas, llamadas *Technische Hochschule*, crearon una gran fuerza laboral científica necesaria para el desarrollo de las industrias químicas. Para 1897, se había creado 4,000 químicos, 3,000 de los cuales trabajaron en la industria. El porcentaje de grados en la teología decayó de un 30% a un 10% a través del siglo XIX. El número de compuestos químicos descubiertos por ellos aumentó impresionantemente: 20,000 (1883), 74,000 (1899) y 140,000 (1910).

Pero pocos de estos llegaban al mercado. La compañía Bayer, que había descubierto 2,378 nuevos tintes para 1896, tenía solamente 37 de estos en el mercado; las cifras para Hoescht respectivas son 3,500 con 18. Es decir, el costo de investigación era alto, al igual que el costo de producción, en lo que ahora se refiere como industrias de capital intensivo. Lo mismo ocurrió en otras industrias modernas. La creación del índigo sintético costó unos 20 millones de DM entre 1880-1897, mientras que el descubrimiento del proceso de craqueo térmico para producir el petróleo costó unos \$15 millones. El hecho es que, a través del siglo XIX, la contribución de un solo individuo a la invención decayó a un 5%, mientras que el porcentaje de invenciones creadas por grupo aumentó a un 92% para 1900. El patrón de producción-inventoría “cooperativo” que existe hoy en día ya había sido establecido para principios del siglo.

²⁷⁸ Sorprendentemente, el ingreso generado por la venta ilegal de drogas a principio de la década de 1990 igualó los ingresos generados por las compañías 936, aquellas que cabían dentro de la sección 936 del Código de Rentas Internas en la cual se veían exoneradas de impuestos contributivos.

²⁷⁹ Pero aunque el aislacionismo estadounidense era apropiado durante el periodo antes dado a la expansión del mercado interno, creado por la expansión rápida de los ferrocarriles, el aislacionismo latinoamericano tuvo el efecto de frenar lo que pudo haber sido un tren económico latinoamericano.

²⁸⁰ La industrialización revolucionó la vida diaria de las personas y aumentó su calidad de vida al proveerle al “mono desnudo” nuevas habilidades. Ciertamente, los países latinoamericanos se han aprovechado de estas innovaciones. El número de carros, televisores y otros productos sofisticados representan el beneficio indirecto que la región ha recibido de tales cambios en la historia mundial. Se puede viajar a velocidades diez veces más rápidas que lo hacía la mayoría de los seres humanos en la historia. A pesar de este hecho, América Latina no ha contribuido directamente a esta revolución y históricamente ha tenido bajos niveles de manufactura en comparación con los países más avanzados.

Aunque se puede señalar que la manufactura tiene un promedio más alto de su producto interno bruto (PIB) que en muchos países avanzados —alrededor de un 31% en ciertos países en comparación con un 28% de los países más avanzados— estos constituyen un porcentaje más bajo de sus exportaciones al mundo. ²⁸⁰ En general, las naciones desarrolladas exportan productos de manufactura, mientras que la mayoría de América Latina sigue exportando productos primarios.

A pesar de que las naciones estaban más industrializadas al terminar el periodo de su experimento con el ISI en la década de 1970, tuvieron el problema de que se endeudaron durante esta misma época. La crisis del petrolero, tan mala para América Latina, creó la crisis de la deuda, pero de una manera indirecta. Los países árabes habían obtenido tanto capital de sus recursos primarios (petróleo), que estimuló un sinnúmero de préstamos de altas cantidades con pocas restricciones. La falta de disciplina en el nivel bancario significó que la deuda rápidamente se haría inmanejable. Distintas agencias internacionales inicialmente no se habían percatado de la naturaleza del problema, ya que lo consideraban sólo uno de liquidez. Pero cuando México declaró que no iba a poder pagar los intereses de sus deudas al principio de la década de 1980, hizo público la gravedad del problema, y desató así una crisis marcada por la hiperinflación, nunca vista en países como Puerto Rico. Eventualmente, las agencias de préstamos internacionales, al igual que la banca internacional, se dieron cuenta de que iban a tener que asumir alguna responsabilidad por los malos préstamos que hicieron, para así apaciguar y hacer más realista el repago de la deuda. No obstante, estos fenómenos y la caída reciente del mercado internacional afectó negativamente la habilidad industrial de la región sur. A pesar la inestabilidad económica, el carácter de la economía latinoamericana como tal—su carácter de exportación de materia prima—no ha cambiado significativamente. La región se mantiene en un estado intermedio entre el “Primer” y el “Tercer Mundo”. Lo mismo podríamos notar de Puerto Rico.

²⁸¹ *But the enterprise we set in motion a quarter century ago was not merely another plowing of the seas.*

²⁸² La actual administración del Presidente George W. Bush es particularmente alarmante. No obstante, no debemos de confundir la administración contemporánea como una caracterización de sus instituciones, cultura, o carácter. Las políticas de gobierno cambian con sus gobernantes, y por lo tanto inadecuado hacer tales generalizaciones. Si nos juzgáramos por nuestros actuales

gobernantes, sabemos que estaríamos, en la mayoría de circunstancias, llegando a conclusiones erróneas.

²⁸³ *Benign neglect* en inglés.

²⁸⁴ Hemos de notar que Inglaterra había hecho grandes cantidades de inversiones durante el siglo XIX y principios del XX. El gesto por los Estados Unidos dio una señal política con respecto a la viabilidad financiera.

²⁸⁵ Brasil- café- 62%; Chile- cobre- 71%; Bolivia- estaño- 58%; Colombia- café- 78%.

²⁸⁶ Las naciones europea crearon la modernización, y el cambio cultural que dicha modernización conlleva.

²⁸⁷ Del mismo modo, el hermano del presidente Eisenhower, Milton, había escrito una propuesta que luego se convirtió el Banco de Desarrollo Interamericano en 1959 con un capital disponible de \$1 billón.

²⁸⁸ Un ejemplo sería el estudio del fenómeno del Niño.

²⁸⁹ La orientación de investigación a temas no directamente relacionados con intereses de sus países natales es otra tendencia nociva.

²⁹⁰ Se ha de notar que 87% de esta ayuda fue en forma de asistencia económica, mientras que un 13% fue de forma militar.

²⁹¹ Los conflictos del manejo de tal dinero son “naturales”. Mientras que la nación otorgante quiere control debido al hecho que es su dinero, la nación recipiente quiere control debido al hecho que es la afectada por tales inversiones. Dichas demandas no son de fácil resolución. La ayuda siempre se puede ver como un tipo de control, a pesar de ser muy necesitada en ciertos sectores. De la misma vez, el dinero gratis se puede utilizar para propósitos ilegales, afectados por la corrupción que existe en ciertos países. Cual lado del balance es el predominante no se puede predeterminar, sino que tiene que ser evaluado caso por caso.

²⁹² Carecían de lo que se conoce en inglés como *disposable income*. A manera que una economía se moderniza y crece, el ingreso disponible parecidamente aumenta, en teoría.

²⁹³ Los países menos avanzados se conocen como *LDCs*, por su siglas en inglés.

²⁹⁴ *We will regret it a hundred years from now if this effort is frustrated....It is quite impossible to push scientific research ahead by merely relying on foreigners.*

²⁹⁵ La pérdida de la agricultura azucarera en el estado de Pernambuco durante el siglo XIX también afectó el desarrollo económico de la región.

²⁹⁶ Véase capítulo 21.

²⁹⁷ Un *push* en inglés, de la dinámica migratoria popularmente conocida como “*push-pull*”.

²⁹⁸ Tradicionalmente, miembros de la cámara de representantes son elegidos directamente por el pueblo, mientras que miembros del senado son elegidos indirectamente, permitiendo así la resolución conflictiva entre la participación popular y el mejor saber minoritario.

²⁹⁹Estos incluyen a: Hideki Yukawa (1949-física), Sin-Itiro Tomonaga (1965-física), Leo Esaki (1973-física), Kenichi Fukui (1981-química), Susumu Tonegawa (1987-medicina), Hideki Shirakawa (2000-química), Ryoji Noyori (2001-química).

³⁰⁰No es ignorar las grandes diferencias entre las dos sociedades, sino solamente notar sus características prominentes que se asemejan a la de nuestra Isla (Puerto Rico).

³⁰¹La ley de exclusión le prohibía a los japoneses comprar terrenos, así restringiendo su actividad económica y limitando la competencia a las industrias agrícolas estadounidenses.

³⁰²Aunque se ha argumentado que la migración japonesa estaba firmemente controlada por compañías japonesas, se exagera el control y la función de estas compañías.

³⁰³Estos sufrían de enfermedades tropicales.

³⁰⁴Durante la década de 1920, la obsesión de muchos brasileños con la cultura francesa, se convirtió a un nacionalismo que desvaluaba su cultura interna. Un rasgo brasileño, que inhibió su desarrollo industrial, fue el sentido de inferioridad. No se pensaba que se podrían producir productos que pudiesen competir a nivel global, así convirtiendo la auto imagen intangible en realidad y cifra estadística.

³⁰⁵La comparación es útil porque la migración a Perú no fue regida por las compañías japonesas, sino por iniciativas de individuales. En contraste con Brasil, el mismo éxito de los colonos japoneses creó una reacción racista a la migración japonesa.

³⁰⁶Curiosamente, la nación tiene un doble economía, una muy ineficiente interna y una muy eficiente hacia el mercado mundial.

³⁰⁷El colonialismo japonés en el sureste asiático no generó colonizadores automáticos. El militarismo inherente de la experiencia asiática creó sociedades locales con altos niveles de animosidad hacia Japón, y pocos japoneses querían sujetarse a tales niveles de recriminación. En este sentido, la migración en dirección opuesta, a través del Pacífico, también se vio afectada por el imperialismo japonés, en sí causa y efecto de la modernización japonesa.

³⁰⁸La importación de materia prima de Brasil al Japón creció de \$1.3 billones a \$5.7 billones entre 1970 y 1980, mientras que las exportaciones crecieron hasta un \$10.5 billones en 1981. Para 1993, el Japón se había convertido en la segunda nación comercial (*trading partner*) de Brasil. Productos primarios acontecían un 76% de las exportaciones brasileñas al Japón en ese año, mientras que los productos de manufactura (no de materia prima) importados del Japón acontecían un 91%.

³⁰⁹En la entrevista del *New York Times*, este dijo, "Why not? We have a lot left to pollute." Traducido como: "¿Por qué no? Todavía nos falta mucho por contaminar."

³¹⁰ Las comunidades alemanas tendían a rechazar la sociedad brasileña, aislándose social y económicamente, lo cual provocó a una reacción negativa por parte de los brasileños—una experiencia irónicamente similar a la que tuvieron los judíos en Alemania.

³¹¹ *You had to be in the right place, at the right time...*

³¹² El término es usado dentro de la historiografía latinoamericana.

³¹³ Por lo tanto, este capítulo no se basará tanto en el Observatorio de Arecibo como tal, sino en otros grandes observatorios construidos durante las décadas de 1960 y 1970 para que se pueda contextualizar mejor la dinámica científica en Puerto Rico. Se tratarán, en particular, dos observatorios en América Latina construidos durante el periodo: el de San Pedro Mártir en México y los construidos por el grupo astronómico europeo llamado Observatorio Meridional Europeo en Chile (ESO, *European Southern Observatory*, por sus siglas en inglés).

³¹⁴ Hubble, usando el de 100 pulgadas, verificó las teorías de Friedman y otros, creadas al principio de la década.

³¹⁵ Este argumentó que el tamaño de la galaxia era mucho más grande de lo que se pensaba. En vez de 6,000 pársec, Shapley enseñó que la vía Láctea era 100,000 pársec (corrientemente se ve como 28,000 pársec). (1 pársec 3.26 años luz = 30,000 billón kilómetros.) Por esta razón, Shapley “contradijo” la alegación de Curtis que existían múltiples galaxias en el universo; eventualmente se sabría que ambos estarían correctos e incorrectos.

³¹⁶ Fenómeno de fuga de cerebros mencionados en el capítulo 3.

³¹⁷ Tanta fue la prisa, que partes estaban defectuosas, y se tuvieron que devolver a los EEUU para arreglos.

³¹⁸ La manera en que se medía eso se determinaba por un método simple. Al mirar una estrella por un telescopio, no se le ve como tal, sino que se ve un punto blanco en el centro con un círculo nebuloso rodeándolo. La estrella es el punto en el centro y el círculo es causado por las distorsiones debido a la distancia. La claridad se puede determinar por la continuidad del círculo o la estabilidad del punto central. Si el círculo está roto o el punto central se mueve demasiado, demuestra distorsiones causadas por la atmósfera de la tierra. Tal indicaría que el lugar no es uno muy apropiado para la construcción de un observatorio multi-millonario.

³¹⁹ *European Southern Observatory* en inglés.

³²⁰ *Very Large Telescopes*, en inglés.

³²¹ Naciones incluyeron a: Francia, Suecia, Suiza, Alemania, Italia, Países Bajos, Dinamarca, y Bélgica.

³²² Aunque la Isla tenía uno de los ingresos per capita más altos de América Latina, también podemos señalar que tenía un ingreso per capita de más de la mitad del estado más pobre de los EEUU. Desde 1969, su dependencia de los cupones alimenticios no bajaron sino aumentaron, desde un 48% en 1977 a un 58% en 1980. Los números actuales subieron de unos \$80 millones a unos \$1.7 billones en 1980. La población económicamente activa del total isleños era

solamente un cuarto de la población, en comparación con la cifra de casi la mitad en EEUU. Finalmente, se podría notar que la población no genera capital debido a su carácter consumerista, poniendo a ésta en un estado de deuda constante. La deuda persona subió de unos \$237 millones en 1963 a unos \$3.27B en la década de 1980.

³²³ El gobierno estadounidense no previno el desarrollo del mismo, ni obstaculizó una naciente ciencia puertorriqueña; todo lo contrario. Aunque su propósitos formales y explícitos fueron claramente afectados por la política de la Guerra Fría, a largo plazo su uso fue modificado hacia propósitos estrictamente científicos, como claramente señaló William Gordon durante el 40 aniversario de la institución. Pensando que se estaba construyendo una antena que duraría una década para detectar explosiones atómicas, el observatorio, que ha durado casi medio siglo, se ha utilizado para detectar explosiones termonucleares en los puntos más distantes del universo. Con este, se ha buscado contestaciones para las preguntas más nobles y profundas que afligen a la humanidad: el ¿cómo? y el ¿por qué? del universo. Confundir estas con la subyugación humana es como...confundir la gimnasia con la magnesita.

³²⁴ *Now I am become death, the destroyer of worlds.*

³²⁵ Conocido como *fallout* en inglés.

³²⁶ Un accidente nuclear en las estaciones de Jaragua o Holguin en Cuba fácilmente hubiese afectado los Estados Unidos, al estar menos de 100 millas aparte—aproximadamente la distancia de la isla de Puerto Rico. Tal hecho hizo que EEUU pusiera una gran cantidad de presión en su contra. Accidentes pequeños podrían causar una catástrofe.

³²⁷ Durante momentos de guerra, la polarización social que ocurre tiende a no distinguir individuales de su grupo social, y la clasificación de este grupo social como “malo” tiene repercusiones muy severas a sus miembros.

³²⁸ La relación entre Richter y Perón es algo parecida a la influencia que Vannevar Bush tuvo con el Presidente Roosevelt durante la Segunda Guerra Mundial

³²⁹ Entre 1950 y 1970, Argentina tuvo una de las más fuertes economías de América Latina. En 1950 tuvo un GDP por persona de \$753, en comparación con los \$187 de Brasil. A pesar de esto, es bajo en comparación con el de Estados Unidos. Otras cifras (1990) demuestran un GDP per capita de \$4,987 para Argentina y un \$9,573 para EEUU, disparidad que aumentaría con el tiempo. Para 2000, el GDP per capita de Argentina era \$12,900 y para EEUU unos \$36,200.

³³⁰ Notemos que para 1952, Evita estaba enferma y a punto de morir, al igual que surgieron las elecciones, y por lo tanto González no vio necesidad de agravar los problemas de Perón.

³³¹ Se estima que unas 30,000 toneladas de uranio existen en el país.

³³² Fundada en 1951, estuvo compuesta solamente de los más íntimamente involucrados en el debate: Richter, Peron, y González.

³³³ Su énfasis de la autonomía nuclear se podría ver en sus proyectos, que consistían en reactores de uranio natural y agua pesada. Los reactores de agua liviana y uranio enriquecido traían con ellos mucho más control de agencias nucleares internacionales tales como la IAEA y de los tratados internacionales. Al no tener que usar uranio enriquecido, no estaban tan dependientes de estas fuentes internacionales, y lo único que tenían que hacer era desarrollar una planta de enriquecimiento de uranio--que eventualmente se hizo.

³³⁴ Carlos Castro Madero había obtenido un doctorado de los Estados Unidos y había sido entrenado en Westinghouse, quienes habían puesto el primer reactor nuclear de la nación en 1957.

³³⁵ El término *turnkey*, del inglés, se refiere a *turn the key and begin* : vira la llave y empieza.

³³⁶ Una dinámica que se observa en la política internacional es que aquellos movimientos defensivos, se pueden ver por los enemigos de unos como preparativos para actividades ofensivas--no obstante que la motivación e intención original ha sido una de auto-protección. Simplemente, desde el punto de vista del extranjero, no se sabe cual es la intención del oponente de uno. También se puede observar que aunque existan tecnologías o armamentos que se habían conseguido bajo un gobierno pacífico para propósitos de su defensa, cambios de gobierno a uno más agresivo puede cambiar rápidamente la dinámica política de la región.

³³⁷ Por ejemplo, Canadá le habían vendido reactores nucleares a naciones subdesarrolladas como India, pensando que estos no tenían la facilidad científica y tecnológica para desarrollar estos y crear armas nucleares. En 1974, India detonó su primera bomba atómica, poniendo serias reservas en las acciones de naciones latinoamericanas.

³³⁸ Quizás más importante que cualquier tratado, envió una señal muy pública sobre sus intenciones.

³³⁹ PNE se refiere a *Peaceful Nuclear Explosion* en inglés, o explosiones nucleares para propósitos pacíficos.

³⁴⁰ IAEA se refiere a *International Atomic Energy Agency* en inglés.

³⁴¹ A pesar de que las tecnologías nucleares de elementos pesados han mejorado grandemente en las ultimas décadas, los argumentos a su favor son descalificados cuando se considera la inevitable presencia de sustancias tóxicas. La industria nuclear no-termonuclear genera productos tóxicos extremadamente difíciles de almacenar y sumamente dañinos al cuerpo humano.

³⁴² Las anomalías entre la conducta con la propagación de sus genes creaban los mejores casos de estudio, aplicándose desde especies de insectos hasta los seres humanos. Un buen ejemplo es la alta incidencia del abuso de medios hermanos por sus padrastros.

³⁴³ América Latina existe como un miembro distante de la tradición intelectual occidental, una oveja negra que quiere ser parte de una familia a la cual pertenece formalmente pero no emotivamente.

³⁴⁴ Sus tonos incluyen las muchas sombras de gris, y rara vez se ven en una forma ‘pura’ y eterna—punto angustioso para una sociedad compleja que busca patrones bien definidos con los cuales mantener la resolución de conflictos y estabilidad social.

³⁴⁵ Desde este punto de vista, las estadísticas internacionales entre las diferentes naciones son algo injustas.

³⁴⁶ La historia parece tener su propia dinámica y ‘vida’, a pesar de que no podamos formar leyes con respecto de la misma. Circunstancias y decisiones que no parecen tener significado en su momento tienen tremendas repercusiones a largo plazo; la vida para todo ente no se puede planificar detalladamente hacia un futuro indefinido porque las circunstancias de la misma no se pueden predecir. Los animales en el transcurso de su evolución toman de lo que está a su alcance, utilizando las herramientas brindadas a estos por sus antepasados. De misma manera el hombre, quien lucha con sus circunstancias de la mejor manera posible para sobrevivir y, si es posible, sobrepasar.

³⁴⁷ Cada país tendrá su propia dinámica particular, que tiene que ser exhaustivamente estudiada para luego poder llegar a generalizaciones más apropiadas de toda la región. El paradigma científico baconiano es requerido si uno ha de encontrar respuestas rigurosas en cualquier campo. No obstante, que todos tengan una herencia relativamente común permite algún nivel de generalidad inicial.

³⁴⁸ El pensamiento racista o etnocentrista falsamente le atribuye todo incidente a los rasgos generales de una sociedad, sin atribuirle poca acción o voluntad a los participantes directamente envueltos. Es desafortunado que se ha visto esta conducta de algunos anglosajones que residen en Puerto Rico, quienes rápidamente le atribuyen los rasgos nacionales a todo problema local. Una mirada más detallada demuestra que estos tienden a tener pocas virtudes y muchos vicios. El problema principal con esta perspectiva es que es excesivamente generalizada, como los argumentos que se hacían en la temprana historia de la sociobiología.

³⁴⁹ Algunas, como Corea y Japón, la logran, otras, como tantas naciones latinoamericanas, no son tan exitosas.

³⁵⁰ Los individuos por naturaleza tienden a buscar las mejores condiciones posibles para sí mismos y sus familiares, sea o no haya podido determinar cuáles son las mejores condiciones.

³⁵¹ Particularmente aplicable a los participantes de la Revolución Científica, como Kepler, Galileo, y Newton.

³⁵² La frase se refiere a una conducta “pasiva agresiva” en la cual el individuo instruido ofrece señales públicas que va a seguir la instrucción, para no crear riñas con el que lo instruye, con poca intención de poner dicha instrucción en práctica o acción actual.

En Busca del Fénix

LECTURAS RECOMENDADAS

1) Ciencia contemporánea en América Latina

- Barre, Remi. *World Science Report 1998*. New York: UNESCO, 1998.
- Gaillard, Jacques. *Scientists in the Third World*. Lexington: University Press of Kentucky, 1991.
- Gläznel, Braun, W. "A Topographical Approach to World Publication Output and Performance in the Sciences, 1981-1985," *Scientometrics* 19, 3-4 (1990):159-165.
- Herrera, Amilcar Oscar. *Ciencia y política en América Latina*. Mexico D F: Siglo XXI Editores, 1971.
- McLaughlan de Arregui, Patricia y Máximo Torero Cullen, *Indicadores de Ciencia y Tecnología en América Latina, 1970-1990*. Peru: Grupo de Análisis para el Desarrollo-GRADE, 1991.
- Schubert, A. and T. Braun, "International Collaboration in the Sciences, 1981-1985" *Scientometrics* 19, 1-2 (1990), 3-10.
- Schubert, A., W. Gläznel, and T. Braun, "Scientometric Datafiles. A Comprehensive set of Indicators on 2649 Journals and 96 Countries in All Major Science Fields and Subfields, 1981-1985," *Scientometrics*, 16, 1-6 (1989), 3-478.

2: La fuga de cerebros a los Estados Unidos: Argentina

- Gnosh, B.N. and Roma Gnosh. *Economics of Brain Migration*. New Delhi: Deep & Deep Publications, 1982.
- Otieza, Enrique. "Emigración de profesionales, técnicos y obreros calificados argentinos a los Estados Unidos," *Desarrollo Económico* 10, 40 (enero-marzo 1971), 429-454.
- Pieschacon, Nestor. "Fuga de cerebros en América Latina," *ARCO* 115 (mayo 1970): 358-361.
- Portés, Alejandro. "Los determinantes de la emigración profesional," *Revista Paraguaya de Sociología* 14, 39 (mayo diciembre 1977), 351-370.
- and Adreain A. Ross, "Modernization for Emigration: The Medical Brain Drain from Argentina," *Journal of Interamerican Studies and World Affairs* 18, 4 (November 1976), 395-422.
- United Nations. *The Reverse Transfer of Technology: A Survey of its Main Features, Causes, and Policy Implications*. New York:

United Nations, 1979.

Whelan, Joseph G., *Brain Drain: A Study of the Persistent Issue of International Scientific Mobility*. Washington DC: US GPO, 1974.

3) Las minorías hispanas en la ciencia norteamericana

National Science Board, *Science and Engineering Indicators 2000*.
Arlington, VA: National Science Foundation, 2000.

National Science Foundation. *Women and Minorities in Science and Engineering*. Washington DC: NSF, 1990.

Office of Opportunities in Science, American Association for the Advancement of Science. *Puerto Ricans in Science and Biomedicine : Report of a Conference*. Washington, D.C.: AAAS, 1981.

Portes, Alejandro and Robert L. Bach, *Latin Journey: Cuban and Mexican Immigrants in the United States*. Berkeley, University of California Press, 1985.

Reyes, Domingo Nick and Conchita Reyes. *Viva: A Salute to Hispanic Americans in Science and Engineering*. Alexandria VA: DNR Associates, 1978.

Romo, Harriet D. and Toni Falbo. *Latino High School Graduation: Defying the Odds*. Austin, Texas: University of Texas Press, 1996.

Perasons, Jr. Willie and Alan Fechter, eds. *Who Will Do Science: Educating the Next Generation*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1994.

Sowell, Thomas. *Race and Culture: A World View*. New York: Basic Books, 1994.

Suro, Roberto. *Strangers Among Us: How Latino Immigration is Transforming America*. New York: Alfred A. Knopf, 1998.

Task Force on Women, Minorities, and the Handicapped in Science and Technology. *Changing America: The New Face of Science and Engineering*. Washington DC: US GPO, 1989.

4) Focos de ciencia revolucionaria: los Premios Nóbel

Bliss, Michael. *The discovery of insulin*. Chicago: University of Chicago Press, 1982.

Cass-Simon, G. and Patricia Farnes, *Women of Science: Righting the Record*. Blomington, Indiana: Indiana University Press, 1990.

Cereijido, Marcelino. *La nuca de Houssay: La ciencia argentina entre*

Rodrigo Fernós

- Billiken y el exilio*. Buenos Aires: Fondo de Cultural Económica, 1990.
- Friedman, Robert Marc. *The Politics of Excellence: Behind the Nobel Prize in Science*. New York: AWH Freeman Book, 2001.
- Marco, Miguel Angel de. *Houssay: La Argentina de los sabios*. Rosario, Argentina: Fundación Libertad 1997.
- Lorenzano, Cesar. *Por los caminos de Leloir: Estructura y desarrollo de una inversión Nobel*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Biblos, 1994.
- McGrayne, Sharon Bertsch. *Nobel Prize Women in Science: Their Livers, Struggles, and Momentous Discoveries*. Rev. ed. Washington D.C.: Joseph Henry Press, 1998.
- Nachon, Carlos Alberto. *Luis Federico Leloir, 1906-1987: Premio Nobel de Química, 1970*. Buenos Aires: Fundación Banco de Boston, 1994.
- Simonton, Dean Keith. *Scientific genius: A psychology of science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- Stover, Eric and Katherine McCleskey, *Human Rights and Scientific Cooperation: Problems and Opportunities in the Americas*. Washington DC: Committee on Scientific Freedom and Responsibility, AAAS: 1981.
- Wright, Thomas C. *Latin America in the Era of the Cuban Revolution*. New York : Praeger, 1991.

5) La creación de los estados grandes

- Conrad, Geoffrey W. and Aruther A. Demarest. *Religion and Empire: The dynamics of Aztec and Inca expansion*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- Diamond, Jared. *Guns, Germs, & Steel: The Fates of Human Societies*. New York: W.W. Norton, 1997.
- Harrison, Paul. *Inside the Third World*. 2nd edition. New York: Penguin Books, 1985.
- Masters, William A. and Margaret S. McMillan, "Climate and Scale in Economic Growth" *Journal of Economic Growth* 6, 3 (Sept. 2001), 167-186.
- Morris, Desmond. *The Naked Ape: A Zoologist's Study of the Human Animal*. New York: McGraw-Hill, 1967.
- Sowell, Thomas. *Conquests and Cultures: An International History*. New York: Basic Books, 1998.
- Toynbee, Arnold, *A Study of History*. ed. Jane Caplan, ed. New York: Portland House, 1988.
- Unanue, Hipolito. *Observaciones sobre el Clima de Lima y su influencia*

en los seres organizados en especial el hombre (1809) Lima:
Imprenta Lux, 1940.

Wright, Robert. *The Moral Animal: Evolutionary Psychology and
Everyday Life*. New York: Vintage Books, 1994.

6) La astronomía y la matemática Maya

Ascher, Maria and Robert Ascher. *Code of the Quipu: A Study in
Media, Mathematics, and Culture*. Ann Arbor: University of
Michigan Press, 1981.

Aveni, Anthony. *Skywatchers of Ancient Mexico*. Austin: University of
Texas Press, 1980.

Bauer, Brian S. and David S. P. Dearborn. *Astronomy and Empire in
the Ancient Andes: The Cultural Origins of Inca Skywatching*.
Austin: University of Texas Press, 1995.

Closs, Michael P., ed. *Native American Mathematics*. Austin: University
of Texas Press, 1986.

David Carrasco, *Quetzalcoatl and the Irony of Empire: Myths and
Prophecies in the Aztec Tradition*. Boulder: University of
Colorado Press, 2000.

Leon-Portilla, Miguel, *Aztec Thought and Culture* transl. Jack Emory
Davis. Norman: University of Oklahoma Press, 1990.

Sanchez, George I. *Arithmetic in Maya*. Austin, Texas: Sanchez, 1961.

Sharer, Robert J. *The Ancient Maya*. 5th ed. Stanford, California:
Stanford University Press, 1994.

7) La ingeniería y agricultura indígena

Carrasco, David. *Quetzalcoatl and the Irony of Empire: Myths and
Prophecies in the Aztec Tradition*. Boulder: University of
Colorado Press, 2000.

Doolittle, William E., *Canal Irrigation in Prehistoric Mexico: The
Sequence of Technological Change*. Austin: University of Texas
Press, 1990.

von Hagen, Adriana and Craig Morris. *The Cities of the Ancient Andes*.
London: Thames and Hudson Ltd, 1998.

Hassig, Ross. *Time, History, and Belief in Aztec and Colonial Mexico*.
Austin: University of Texas Press, 2001.

Kubler, George. *The Art and Architecture of Ancient America: The
Mexican 'Maya' and Andean Peoples*. New York: Penguin
Books, 1975.

Laurencich Minelli, Laura. *The Inca World: The Development of Pre-*

Rodrigo Fernós

- Columbian Preu, AD 1000-1534*. Norman: University of Oklahoma Press, 1999.
- LeVine, Terry Y., ed. *Inca Storage Systems*. Norman: Oklahoma University Press, 1992.
- Mason, J. Alden. *The Ancient Civilizations of Peru*. New York: Penguin Books, 1968, 1991.
- Read, Kay Almere. *Time and Sacrifice in the Aztec Cosmos*. Bloomington: Indiana University Press, 1998.

8) La medicina y biología Azteca

- Berlin, Elois Ann and Brent Berlin. *Medical Ethnobiology of the Highland Maya of Chiapas, Mexico: The Gastrointestinal Diseases*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1996.
- McCaa, Robert. "Spanish and Nahuatl Views on Smallpox and Demographic Catastrophe in the Conquest of Mexico." *Journal of Interdisciplinary History* 25:3 (Winter 1995): 397-431.
- McKeever Furst, Jill Leslie. *The Natural History of the Soul in Ancient Mexico*. New Haven: Yale University Press, 1995.
- Ortiz de Montellano, Bernard R. *Aztec Medicine, Health, and Nutrition*. New Brunswick: Rutgers University Press, 1990.
- Read, Kay Almere. *Time and Sacrifice in the Aztec Cosmos*. Bloomington: Indiana University Press, 1998.
- Sanchez-Alboronz, Nicolas. *The Population of Latin America: A History*. Berkeley: University of California, 1974.
- Sowell, Thomas. *Conquests and Cultures: An International History*. New York: Basic Books, 1998.

9) La caída de los estados grandes

- Crosby, Alfred W., Jr. *The Columbian Exchange: Biological and Cultural Consequences of 1492*. Westport, Connecticut: Greenwood Press, 1972.
- , *Ecological Imperialism: The Biological Expansion of Europe, 900-1900*. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
- Deffeyes, Kenneth S., *Hubbert's Peak: The Impending World Oil Shortage*. Princeton: Princeton University Press, 2001.
- Kennedy, Paul. *The Rise and Fall of the Great Powers: Economic Change and Military Conflict from 1500 to 2000*. New York: Vintage Books, 1987.
- Spalding, Karen. *Huarochiri: An Andean Society Under Inca and*

- Spanish Rule*. Stanford: Stanford University Press, 1984.
- Tainter, Joseph A. *The Collapse of Complex Societies*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- Todorov, Tzvetan. *The Conquest of America: The Question of the Other*. New York: Harper Perennial, 1982.
- Toynbee, Arnold. *A Study of History*. ed. Jane Caplan., New York: Portland House, 1988.
- Webster, David, *The Fall of the Ancient Maya: Solving the Mystery of the Maya Collapse*. London: Thames and Hudson, 2002.

10) Las Reales Expediciones Botánicas

- Engstrand, Iris H. W. *Spanish Scientists in the New World: The Eighteenth Century Expeditions* Seattle: University of Washington Press, 1981.
- von Hagen, Victor Wolfgang. *South America Called Them: Explorations of the Great Naturalists: La Condamine, Humboldt, Darwin, Spruce*. New York: A. A. Knopf, 1945.
- McClellan III, James E. *Colonialism and Science: Saint Domingue in the Old Regime*. Baltimore: Johns Hopkins Univeristy Press, 1992.
- Puig-Samper, Miguel Ángel. *Las expediciones científicas durante el siglo XVIII*. Madrid: Ediciones AKAL, 1991.
- y Francisco Pelayo. "Las expediciones botánicas al nuevo mundo durante el siglo XVIII. Una aproximación histórico bibliográfica-científica en el siglo XVIII," in *La Ilustración en América Colonial: bibliografía crítica*. ed. Diana Soto Angelo. Madrid: Doce Calles, 1995: 55-67.
- Smith, Michael M. *The "Real Expedicion Maritima de la Vacuna" in New Spain and Guatemala*. Philadelphia: American Philosophical Society, 1974.
- Sobel, Dava. *Longitude: The True Story of a Lone Genius who Solved the Greatest Scientific Problem of His Time*. New York: Walker and Co., 1995.
- Steele, Arthur Robert. *Flowers for the King: The Expedition of Ruiz and Pavon and the Flora of Peru*. Durham, NC: Duke University Press, 1964.

11) La Revolución Científica

- Boorstin, Daniel J. *The Discoverers*. New York: Vintage Books, 1985.
- Butterfield, H. *The Origins of Modern Science, 1300-1800*. New York:

Rodrigo Fernós

- Macmillan Co., 1958.
- Hall, A. Rupert. *The Revolution in Science, 1500-1700*. London: Longman, 1983.
- Dijksterhuis, E. J. *The Mechanization of the World Picture: Pythagoras to Newton*. Trans. C. Dikshoorn. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986.
- Drake, Stillman, ed. *Discoveries and Opinions of Galileo*. New York: Doubleday, 1957.
- Koestler, Arthur. *The Watershed: A Biography of Johannes Kepler*. New York: University Press of America, 1960.
- Matthews, Michael R. *The Scientific Background to Modern Philosophy: Selected Readings*. Indianapolis: Hackett Publishing Co., 1989.
- Hall, Marie Boas. *The Scientific Renaissance, 1450-1630*. New York: Dover Publications, 1994.
- Kuhn, Thomas S. *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1985.
- Westfall, Richard S. *The Construction of Modern Science: Mechanisms and Mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

12) El catolicismo, el protestantismo y la ciencia

- Cohen, I. Bernard, ed. *Puritanism and the Rise of Modern Science: The Merton Thesis*. New Brunswick: Rutgers University Press, 1990.
- Feldhay, Rivka and Yehuda Elkana, eds. "After Merton: Protestant and Catholic Science in Seventeenth-Century Europe," *Science in Context* 3, 1 (Spring 1989).
- Hedley Brooke, John. *Science and Religion: Some Historical Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- Heilbron, J. L. *The Sun in the Church: Cathedrals as Solar Observatories*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1999.
- Kamen, Henry, *Inquisition and Society in Spain in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*. Bloomington: Indiana University Press, 1985.
- Lindberg, David C. and Ronald L. Numbers, eds., *God and Nature: Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science*. Berkeley: University of California Press, 1986.
- Merton, Robert K. *Science, Technology, and Society in Seventeenth Century England*. New York: Howard Fertig, 1970.
- Pardo Tomás, José. *Ciencia y Censura: La Inquisición española y los libros científicos en los siglos XVI y XVII*. Madrid: Consejo

- Superior de Investigación Científicas, 1991.
- Porter, Roy and Mikulas Teich, eds. *The Scientific Revolution in National Context*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

13) El newtonianismo

- Burt, E. A. *The Metaphysical Foundations of Modern Science*. Atlantic Highlands, New Jersey: Humanities Press, 1952.
- Cohen, I. Bernard. *The Birth of a New Physics*. New York: W. W. Norton Co., 1985.
- Lertora Mendoza, Celina A., ed. *Newton en América: Tercer Congreso Latinoamericano de Historia de las Ciencias y la Tecnología, Mexico, 1992*. Buenos Aires: Ed. FEPAI, 1995.
- Ramos Lara, María de la Paz y Juan José Saldaña. "Del Colegio de Minería a la Escuela Nacional de Ingenieros," *Quipu* 13,1 (enero-abril 2000), 105-126.
- Thayer, H. S., ed. *Newton's Philosophy of Nature: Selections from His Writings*. New York: Hafner Press, 1953.
- Westfall, Richard. *The Life of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

14) Ciencia, economía y política en Nueva Granada

- Appel, John Wilton. *Francisco José de Caldas: A Scientist at Work in Nueva Granada*. Philadelphia: American Philosophical Society, 1994.
- Arboleda, Luis Carlos, "Acerca del problema de la difusión científica en la periferia: El caso de la física newtoniana en la Nueva Granada (1740-1820)," *Quipu* 4,1 (enero-abril 1987): 7-30.
- , "Sobre una traducción inédita de los *Principia* al castellano hecha por Mutis en la Nueva Granada circa 1770," *Quipu* 4,2 (mayo-agosto 1987), 291-313.
- Arends, Tulio, "Bolívar y los científicos," *Quipu* 4,2 (mayo-agosto 1987), 167-184.
- Bateman, Alfredo D. *Francisco de José Caldas: El hombre y el sábio*. Santafé de Bogotá, Colombia: Planeta Colombiana Editorial S.A., 1998; 1978.
- Díaz Piedrahita, Santiago. "Influencia de Linneo en el conocimiento de la flora americana a través de Mutis." *Boletín de Historia y Antigüedades* 83, 795 (Oct-Dec 1996), 1113-1127.
- Gredilla, A. Federico, *Biografía de José Celestino Mutis con la Relación*

Rodrigo Fernós

de su Viaje y estudios Prácticados en el Nuevo Reino de Granada. Madrid: Real Academia de la Historia, 1911.

Moreno de Angel, Pilar. "Jose Celestino Mutis y la Ilustracion en el Nuevo Reino de Granada," *Boletín de Historia y Antigüedades* 78, 774 (July-Sept 1991): 551-570.

Ocampo, José Antonio. *Colombia y la economía mundial, 1830-1910*, Mexico DF: Siglo Veinte Editores, 1984.

Schumacher, Hermann A. *Mutis, Un forjador de la cultura.* Bogotá: Empresa Colombiana de Petróleos, 1984.

15) El tamaño y la forma de la Tierra

Ernst, Bruno. *The Magic Mirror of M. C. Escher.* Koln: Taschen, 2002.

Escher, M. C. M. C. *Escher: The Graphic Work: Introduced and Explained by the Artist.* Koln: Tascen, 2001.

"Escher and the Droste effect" HTML:

<http://escherdroste.math.leidenuniv.nl/>

Gillispie, Charles Coulston. *Science and Polity in France at the End of the Old Regime.* Princeton, NJ: Princeton University Press, 1980.

Lafuente, Antonio J. Delgado. *La geometrización de la Tierra: observaciones y resultados de la expedición geodésica hispano-francesa al virreinato del Peru (1735-1744).* Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto Arnau de Vilanova, 1984.

Marshall, Bruce. *The Real World: Understanding the Modern World through the New Geography.* Boston: Houghton Mifflin, 1991.

Smith, James R. *Introduction to Geodesy: The History and Concepts of Modern Geodesy.* New York: Wiley, 1997.

Weyers, Frank. *Salvador Dalí: Vida y Obra.* Barcelona: Konemann Verlagsgesellschaft, 1999.

Wilford, John Noble. *The Mapmakers.* New York : A. A. Knopf, 2000.

16) La Ilustración en España y la América Colonial

de las Barras de Aragón, Francisco. "Las Sociedades Económicas en Indias." *Anuario de Estudios Hispano Americanos* 12, 29-30: 417-447.

Diffie, Bailey W. *Latin-American Civilization : Colonial Period.* New York: Octagon Books, 1967.

Fernandez Alvarez, Manuel. *Copérnico y su Huella en la Salamanca del Barroco.* Salamnca: Universidad de Salamanca, 1974.

- Gavroglu, Kostas ed. *The Sciences in the European Periphery During the Enlightenment*. Vol. 2. In *Archimedes*, ed. Jed Buckwald. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- Glick, Thomas. "Science and Independence in Latin America." *Hispanic American Historical Review* 71 (1991):307-334.
- Goodman, David C. *Power and Penury: Government, Technology, and Science in Philip II's Spain*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- Herr, Richard. *The Eighteenth Century Revolution in Spain*. Princeton: Princeton University Press, 1958.
- Lanning, John Tate. *Academic Culture in the Spanish Colonies*. London: Oxford University Press, 1940.
- , *The Eighteenth-Century Enlightenment in the University of San Carlos de Guatemala*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1956.
- , *The Royal Protomedicato: The Regulation of the Medical Professions in the Spanish Empire*. Durham, NC: Duke University Press, 1985.
- López Piñero, José María. *La Introducción de la Ciencia Moderna a España*. Barcelona: Ediciones Ariel, 1969.
- López Sánchez, José. *Tomas Romay and the Origins of Science in Cuba*. transl. by Mary Todd. Haessler. Havana: Book Institute, 1967.
- Sellés, Manuel, José Luis Peset, y Antonio Lafuente, eds., *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*. Madrid: Alianza Editorial, 1987.
- Whitaker, Arthur P., ed. *Latin America and the Enlightenment*. New York: D. Appleton-Century Co., 1942.

17) Naturalistas no-hispanos en Suramérica

- Bock, W. H., "Humboldt and the British: A Note on the Character of British Science," *Annals of Science* 50, 4 (1993): 365-372.
- Botting, Douglas. *Humboldt and the Cosmos*. New York : Harper & Row Pub., 1973.
- Brading, D. A. *The First America: The Spanish Monarchy, Creole Patriots, and the Liberal State, 1492-1867*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- von Humoldt, Alexander. *Personal Narrative of a Journey to the Equinoctial Regions of the New Continent*, abridged and transl by Jason Wilson. New York: Penguin Books, 1995.
- Minguet, Charles, *Alejandro von Humboldt: historiador y geógrafo de la América española (1799-1804)*, 2 Vols. transl. Jorge Padín

Rodrigo Fernós

- Videla. Mexico DF: Universidad Autónoma de Mexico, 1985.
- Rodriguez Ortiz, Oscar, ed., *Imágenes de Humboldt*. Caracas, Venezuela: Monte Avila Editores, 1983.
- Smith, Anthony, *Explorers of the Amazon*. Chicago: University of Chicago Press, 1990.

18) Charles Darwin y su *Voyage of the Beagle*

- Browne, Janet. *Charles Darwin Voyaging: A Biography*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995.
- Dana, Richard Henry. *Two Years Before the Mast*. New York: Westvaco Corp., 1992.
- Darwin, Charles. *The Voyage of the Beagle*. New York: Bantam Books, 1972.
- Hopkins, Robert S. *Darwin's South America*. New York: John Day Co., 1969.
- Mirsky, Jeannette. *The Story of Northern Exploration from Earliest of Times to the Present*. Chicago: University of Chicago Press, 1970.
- De Voto, Bernard. *The Journals of Lewis and Clark*. Boston: Houghton Mifflin Co., 1981.

19) La selección natural y la recepción del darwinismo

- Bowler, Peter J. *Evolution: The History of an Idea*. Revised edition. Berkeley: University of California Press, 1989.
- Darwin, Charles. *The Origin of Species by Means of Natural Selection or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. ed. J. W. Burrow (New York: Penguin Books, 1985).
- Futuyama, Douglas J. *Science on Trial: The Case for Evolution*. New York: Pantheon Books, 1982.
- Eisely, Loren. *Darwin's Century: Evolution and the Men who Discovered It*. New York: Doublday & Co., 1961.
- Greene, John C. *The Death of Adam: Evolution and Its Impact on Western Thought*. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1959.
- Glick, Thomas F. Rosaura Ruiz and Miguel Ángel Puig-Samper, eds. *El Darwinismo en España e Iberoamérica*. Madrid, Spain: Ediciones Doce Calles, 1999.
- , *Darwin y el Darwinismo en el Uruguay y en América Latina*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República, Facultad de Humanidades y Ciencias, Departamento de Publicaciones, 1989.
- , *The Comparative Reception of Darwinism*. Austin: University of

Texas Press, 1972.

Stepan, Nancy Leys. *The Hour of Eugenics: Race, Gender, and Nation in Latin America*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1991.

20) El positivismo

Burns, E. Bradford. *The Poverty of Progress: Latin America in the Nineteenth Century*. Berkeley: University of California Press, 1980.

Crawford, William Rex. *A Century of Latin American Thought*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1944.

Davis, Harold Eugene. *Latin American Thought: A Historical Introduction*. Washington D. C.: University Press, 1961.

Graham, Richard. *Britain and the Onset of Modernization in Brazil, 1850-1914*. Cambridge: Cambridge University Press, 1972.

Hale, Charles. *The Transformation of Liberalism in late Nineteenth Century Mexico*. Princeton: Princeton University Press, 1989.

Lipp, Simon. *Three Chilean Thinkers: Francisco Bilbao, Valentín Letelier, and Enrique Molina*. Waterloo, Canada: McGill University, 1975.

Mandelbaum, Maurice. *History, Man, and Reason: A Study in Nineteenth Century Thought*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1971.

Mecham, J. Lloyd. *Church and State in Latin America: A History of Politico-Ecclesiastical Relations*. Chapel Hill: University of North Carolina Press, 1934.

Merz, John Theodore. *A History of European Thought in the Nineteenth Century*. 4 vols. New York: Dover Publishing Co., 1965.

Randall, John Herman Jr. *The Making of the Modern Mind: A survey of the intellectual background to the Present Age*. Boston: Houghton Mifflin Co., 1940. (1926).

Wiarda, Howard J. *The Soul of Latin America: Cultural and Political Tradition*. New Haven: Yale University Press, 2001.

Woodward, Ralph Lee, ed. *Positivism in Latin America, 1850-1900: Are Order and Progress Reconcilable?* Lexington, MA: Heath Pub., 1971.

Zea, Leopoldo. *The Latin American Mind*. transl. James H. Abbott. Norman: University of Oklahoma Press, 1963.

21) Las antípodas de la medicina tropical: Bailey K. Ashford en Puerto Rico

Rodrigo Fernós

- Adas, Michael, *Machines as the Measure of Men: Science, Technology, and Ideologies of Western Dominance*. Ithaca: Cornell University Press, 1989.
- Ashford, Bailey K., *A Soldier in Science: The Autobiography of Bailey K. Ashford*. New York: William Morrow and Co., 1934.
- Arnold, David, ed., *Warm Climates and Western Medicine: The Emergence of Tropical Medicine, 1500-1900*. Amsterdam: Rodopi, 1996.
- Bonnet Jr., Juan A. y José R. Escabi Perez, eds., *Ciencia y política en Puerto Rico*. San Juan: PR: Ateneo Puertorriqueño, 1990.
- Bowers, John Z. and Elizabeth Purcell, eds. *Aspects of the History of Medicine in Latin America, Report of a Conference*. New York: Josiah Macy Jr. Foundation, 1979.
- Foster, George M., *Hippocrates' Latin American Legacy: Humoral Medicine in the New World*. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers, 1994.
- , *Traditional Cultures and the Impact of Technological Change*. New York: Harper and Brothers, 1962.
- Manson-Bahr, Philip H. and A. Alcock. *The Life and Work of Sir Patrick Manson*. New York: William Wood and Co., 1927.
- Steward, Julian Haynes, ed. *The People of Puerto Rico: A Study in Social Anthropology*. Urbana: University of Illinois Press, 1956.
- Wells, Henry. *The Modernization of Puerto Rico: A political study of changing values and institutions*. Cambridge, MA: Harvard, 1969.

22) “Amistad y Progreso”: El Primer Congreso Científico Pan Americano, 1908

- Adlunate Phillips, Arturo. *Chile mira hacia las estrellas: pequeña historia astronómica*. Santiago de Chile: Editora Nacional Gabriela Mistral, LTDA, 1975.
- Babini, José . *Historia de la ciencia en la Argentina*. Buenos Aires: Ediciones Solar, 1986.
- Basalla, George. “The Spread of Western Science.” *Science* 156 (1967), 611-622.
- Crosland, Maurice P. “Aspects of International Scientific Collaboration and Organization Before 1900.” In *Human Implications of Scientific Advance*. ed. E. G. Forbes, 114-125. Edinburgh: University Press, 1977.
- Dolby, R.G.A. “The Transmission of Science.” *History of Science* 15

(1977), 1-43.

- Fernós, Rodrigo. *Amistad y Progreso: Los Congresos Científicos Pan Americanos, 1898-1916*. Chula Vista, CA: Aventine Press, 2003.
- Goldberg, Stanley and Roger H. Stuewer, eds. *The Michelsonian Era in American Science, 1870-1930*. New York: American Institute of Physics, 1988.
- Haber, L. F. *The Chemical Industry, 1900-1930: International Growth and Technological Change*. Oxford: Clarendon Press, 1971.
- Harrison, Lawrence. *Underdevelopment is a State of Mind: The Latin American Case*. Lanham, MD: Center for International Affairs, Harvard University, 1985.
- Headrick, Daniel R. *The Tentacles of Progress: Technology Transfer in the Age of Imperialism, 1850-1940*. New York: Oxford University Press, 1988.
- Monteón, Michael. *Chile in the Nitrate Era: The Evolution of Economic Dependence, 1880-1930*. Madison: University of Wisconsin Press, 1982.
- Salina Arayas, Agosto. *La Ciencia en Chile y en Los Estado Unidos de Norte América: Un Análisis Histórico Comparado (1776-1976)*. Santiago de Chile: CONICYT, 1976.
- United Nations. *Fertilizer supplies for developing countries: issues in the transfer and development of technology*. New York: UN, 1985.

23) El pensamiento mágico-religioso y su influencia en la cuenca del Caribe

- Bates, Don. ed. *Knowledge and the scholarly medical traditions*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- Curtin, Philip D. *The Image of Africa: British Ideas and Action, 178-1850*. Madison: University of Wisconsin Press, 1964.
- , *Death by Migration: Europe's Encounter with the Tropical World in the Nineteenth Century*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- Davidson, Basil. *Africa In History: Themes and Outlines*. 3d ed. NY: Collier Books, 1991.
- Feierman, Steven and John M Janzen, ed. *The Social Basis of Health and Healing in Africa*. Berkeley: University of California Press, 1992.
- Fick, Carolyn E. *The Making of Haiti: the Saint Domingue Revolution from Below*. Knoxville: The University of Tennessee Press, 1990.
- Geggus, David Patrick . *Slavery, war, and revolution: the British occupation of Saint Domingue, 1793-1798*. Oxford: Clarendon

Rodrigo Fernós

- Press, 1982.
- Good, Charles M. *Ethnomedical Systems in Africa: Patterns of Traditional Medicine in Rural and Urban Kenya*. NY: The Guilford Press, 1987.
- Goody, Jack. *The domestication of the savage mind*. Cambridge: Cambridge University Press, 1977.
- Harley, George Way. *Native African Medicine; with special reference to its practice in the Mano tribe of Liberia*. 2d ed. London: Frank Cass and Company, 1970.
- Horton, Robin. *Patterns of Thought in Africa and the West: Essays on Magic, Religion, and Science*. Cambridge: Cambridge U. Press, 1993.
- Moreley, Peter and Roy Wallis, ed. *Culture and Curing: Anthropological Perspectives on Traditional Medical Beliefs and Practices*. Pittsburgh: University of Pittsburg Press, 1978.
- Sheridan, Richard B. *Doctors and Slaves: A medical and demographic history of slavery in the British West Indies, 1680-1834*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

24) La industrialización en América Latina: clave del progreso científico

- Bastos, Maria Ines and Charles Cooper, eds. *Politics of Technology in Latin America*. London: Routledge, 1995.
- Balan, Jorge, Harley L. Browning, y Elizabeth Jelin. *Men in a Developing Society: Geographic and Social Mobility in Monterrey, Mexico*. Austin, TX: University of Texas Press, 1973.
- Brown, Jonathan C., *Oil and Revolution in Mexico*. Berkeley: University of California Press, 1993.
- Bulmer-Thomas, Victor. *The Economic History of Latin America Since Independence*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- Burns, E. Bradford. *The Poverty of Progress: Latin America in the Nineteenth Century*. Berkeley: University of California Press, 1980.
- Easterly, William. *The Elusive Quest for Growth: Economist's Adventures and Misadventures in the Tropics*. Cambridge, MA: MIT Press, 2002.
- Graham, Richard. *Britain and the Onset of Modernization in Brazil, 1850-1914*. Cambridge: Cambridge University Press, 1972.
- Gwyne, Robert N. *Industrialization and Urbanization in Latin America*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1986.
- Haber, Stephen, ed. *How Latin America Fell Behind: Essays on the Economic Histories of Brazil and Mexico, 1800-1914*. Sanford, CA: Stanford University Press, 1997.

- Harrison, Lawrence. *Underdevelopment is a State of Mind: The Latin American Case*. Lanham, MD: Center for International Affairs, Harvard University, 1985.
- Hobsbawm, Eric. *Industry and Empire: the Birth of the Industrial Revolution, From 1750 to the Present Day*. New York: The New Press, 1999.
- Kahl, Joseph A. *The Measurment of Modernism: A study of values in Brazil and Mexico*. Austin: Institute of Latin American Studies, 1968.
- Landes, David. *The Wealth and Poverty of Nations: Why Some Are so Rich and Some so Poor*. New York: W. W. Norton, 1998.
- Park, James William. *Latin American Underdevelopment: A History of Perspectives in the United States, 1870-1965*. Baton Rouge: Louisiana State University Park, 1995.
- Safford, Frank *The Ideal of the Practical: Colombia's Struggle to form a Technical Elite*. Austin: Univeristy of Texas Press, 1976.
- Zanetti, Oscar and Alejandro Gracia. *Sugar and Railroads: A Cuban History, 1837-1959*. transl. Franklin w. Knight and Mary Todd. Chapel Hill: University of North Carolina Press, 1998 (1987).

25) La influencia del 'gigante al norte'

- Bingham, Jonathan B. *Shirt-Sleeve Diplomacy: Point 4 in Action*. Freeport, NY: Books for Libraries Press, 1954.
- Curti, Merle and Kendall Birr. *Prelude to Point Four: American Technical Missions Overseas, 1838-1938*. Madison: The University of Wisconsin Press, 1954.
- Fosdick, Raymond Blaine. *The Story of the Rockefeller Foundation*. New York: Harper & Brothers, 1952.
- McCullough, David. *The Path Between the Seas: The Creation of the Panama Canal, 1870- 1914*. New York: Simon & Schuster, 1977.
- Morgan, Robert P. *Science and Technology for International Development: An Assessment of U.S. Policies and Programs*. Boulder, CO: Westview Press, 1984.
- , *Science and Technology for Development: The Role of US Universities*. New York: Pergamon Press, 1979.
- Pastor, Robert A., *Exiting the Whirlpool: U.S. Foreign Policy Toward Latin America and the Caribbean*. Boulder, CO: Westview Press, 2001.
- Pursell, Carol, Lecture. "US Foreign Aid after WWII." XXI International History of Science Congress, Mexico 2001

Rodrigo Fernós

- Scheman, L. Ronald, *The Alliance for Progress: A Retrospective*. New York: Praeger, 1988.
- Shaplen, Robert. *Toward the Well-Being of Mankind: Fifty Years of the Rockefeller Foundation*. New York: DoubleDay & Co: 1964.
- Skolnikoff, Eugene B. *Science, Technology, and American Foreign Policy*. Cambridge, MA: MIT Press, 1967.
- Whelan, Joseph G. *Brain Drain: A Study of the Persistent Issue of International Scientific Mobility*. Washington DC: US GPO, 1974.
- Willis, Bailey. *A Yankee in Patagonia: A Bit of Autobiography*. Stanford: Stanford University Press, 1947.

26) El impacto de la migración japonesa en la ciencia brasileña

- Bartholomew, James R. *The Formation of Science in Japan: Building a Research Tradition*. New Haven: Yale University Press, 1989.
- Curtin, Philip D. *The World and the West: The European Challenge and the Overseas Response in the Age of Empire*. Cambridge; Cambridge University Press, 2000.
- Johnson, John J., ed. *Continuity and Change in Latin America*. Stanford: Stanford University Press, 1964.
- Lone, Stewart. *The Japanese Community in Brazil, 1908-1940: Between Samurai and Carnival*. New York: Palgrave, 2001.
- Normano, J. F. and Antonello Gerbi. *The Japanese in South America: An Introductory Survey with Special Reference to Peru*. New York: Institute of Pacific Relations, 1943.
- Page, Joseph A., *The Brazilians*. Reading, MA: Perseus Books, 1995.
- Purcell, Susan Kaufman and Robert M. Immerman, *Japan and Latin America in the New Global Order*. Boulder: Lynne Rienner Publishers, 1992.
- Smith III, Charles H. *Japanese Technological Transfer to Brazil*. Ann Arbor, MI: UMI Research Press, 1981.
- Stallings, Barbara and Gabriel Székely. *Japan, the United States and Latin America: Toward a Trilateral Relationship in the Western Hemisphere?*. Oxford: St. Anthony's College, 1993.
- van Wolferen, Karel. *The Enigma of Japanese Power*. New York: Vintage Books, 1990.

27) La astronomía moderna en Chile y Puerto Rico

- Na. *Arecibo Observatory: National Astronomy and Ionosphere Center*. Pamphlet. Nd.

- Bartolucci, Jorge. *La Modernización de la Ciencia en México: El caso De los astrónomos*. Mexico DF: Universidad Autónoma de México, 2000.
- Blaauw, Adriaan. *ESO's Early History: The European Southern Observatory from Concept to Reality*. Garching bei München: ESO, 1991.
- Buderi, Robert. *The Invention that Changed the World: How a Small group of radar pioneers won the second world war and launched a technological revolution*. New York : Simon & Shuster, 1997.
- The European Southern Observatory. HTML: www.eso.org
- Lankford, John. *American Astronomy: Community, Careers, and Power, 1859-1940*. Chicago: University of Chicago Press, 1997.
- Morrison, David. *Exploring Planetary Worlds*. New York: Scientific American Library, 1993.
- Morov, Mikhail Ya and David H. Grinspoon. *The Planet Venus*. New Haven: Yale University Press, 1998.
- Pettengill, Gordon H., Donald B. Campbell, and Harold Masursky. "The surface of Venus," *Scientific American* 243 (1980): 54-64.
- Stock, Jürgen. "Site Survey for the Inter-American Observatory in Chile." *Science* 148 (May 21, 1965): 1054-1059.

28) La ciencia atómica y el poder nuclear en Argentina y Cuba

- Art, Robert J. And Robert Jervis, eds., *International Politics: Anarchy, Force, Political Economy, and Decision-Making*. 2nd edition. Boston: Little, Brown, and Company, 1985.
- Leventhal, Paul L. and Sharon Tanzer, eds. *Averting a Latin American Arms Race: New Prospects and Challenges for Argentine-Brazilian Nuclear Cooperation*. Washington DC: Nuclear Control Institute, 1992.
- Luddemann, Margarete K. "Nuclear Power in Latin America": An Overview of Its Present Status," *Journal of Interamerican Studies and World Affairs* 25,3 (Aug 1983): 377-415.
- Mariscotti, Mario. *El Secreto Atómico de Huemul*. Buenos Aires, Argentina: Sudamericana/Planeta, 1985.
- Pérez-López, Jorge E., "Nuclear Power in Cuba after Chernobyl," *Journal of InterAmerican Studies and World Affairs* 29, 2 (Summer 1987), 79-118.
- Perez-Lopez, Jorge F. "The Cuban Nuclear power Program," *Cuban Studies/Estudios Cubanos* 9,1 (Jan. 1979): 1-43.
- Pool, Robert. *Beyond Engineering: How Society Shapes Technology*.

Rodrigo Fernós

New York: Oxford University Press, 1997.

Reiss, Mitchell, *Brindled Ambition: Why Countries Constrain their Nuclear Capabilities*. Washington DC: Woodrow Wilson Press, 1995.

Solingen, Etel. *Industrial Policy, Technology, and International Bargaining: Designing Nuclears Industries in Argentina and Brazil*. Stanford, CA: Stanford University Press, 1996.

Thomas, Raju G. C. and Bennett Ramberg, eds. *Energy and Security in the Industrializing World*. Lexington, Kentucky: University Press, of Kentucky, 1990.

En Busca del Fénix

*Energy and Security in
the Industrializing World.* Lexington, Kentucky: University
Press, of Kentucky, 1990.

CONTENIDOS

- África, 15, 26, 53, 54, 57, 58, 59, 69,
159, 228, 230, 231, 232, 234,
254, 268, 311, 320, 325
árabe, 117, 118, 234, 324
1 Ahau 18 Kayab, 65
4 Ahau 8 Cumku, 64
A Study of History, 51, 356, 358
Academia de Ciencias de Berlín,
174
Academia del Cimiento, 139
Académicas de Guardias de Corps
de Madrid, 173
aceite de madera, 245
aceitunas, 52
acueductos, 48, 74, 76, 83
acuerdos científicos bilaterales, 23
ad hoc, 242
Adán, 207
Aedes aegypti, 240, 258
agricultura, 17, 53, 54, 56, 58, 69,
70, 71, 76, 81, 82, 85, 87, 90, 92,
93, 174, 267, 277, 281, 284, 296,
346
agua, 56, 67, 72, 73, 74, 75, 84, 97,
107, 116, 123, 150, 185, 189,
190, 192, 229, 244, 251, 265,
266, 280, 332, 350
AID, 275, 284
ajedrez, 90
Alberdi, Juan Batista, 218, 288
Alejandría, 117, 160, 164
Alejandro el Grande, 115, 117
Alemania, 17, 20, 40, 41, 44, 127,
173, 187, 192, 193, 209, 213,
237, 245, 246, 263, 264, 266,
273, 293, 295, 308, 322, 344, 348
Alfonsín, Raul, 312
Al-Hazen, 117
Alianza para el Progreso, 275, 281
Alice Memorial Hospital, 254
Al-Kwarizmi, 117
Allende, Salvador, 304
alma, 70, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 86
almacenes, 48
Almagesto, 116, 159
alquimia, 134, 140, 142, 332, 340
altitud, 150, 155, 166, 186, 194
Alzate, José Antonio, 174
Amazon Development Company, 270
Amazonas, 54, 186, 188, 281
Ameghino, Florentino, 42
América Central, 17
American Medical Association, 20
American Philosophical Society,
179, 358, 360
Amigos del País, 172, 173, 174, 269
amoniaco, 241, 245, 246
Amoy, 251
amuleto, 230
Anales de la Universidad de Chile,
243, 245, 247
analfabetismo, 34, 105, 175
anarquismo, 222, 224
Andes, 166, 188, 239, 356, 357
ansiedad, 37
Antártica, 107
antibiótico, 229
antropología, 84, 319
antropomorfización, 214
Appolonius, 116
Argelia, 19
Argentina, 16, 17, 19, 22, 23, 24, 25,
27, 41, 42, 43, 44, 45, 67, 175,
189, 193, 197, 202, 217, 218,
237, 238, 244, 267, 271, 273,
276, 279, 288, 300, 307, 308,
310, 311, 312, 313, 314, 322, 349
Arigo, 235
Aristóteles, 37, 80, 103, 115, 116,
117, 120, 122, 129, 137, 163,
176, 178, 206, 329, 330, 335
arquitectura, 43, 78, 325

- Arrhenius, Svante, 40, 41, 243
 arroz, 58, 82, 255
 artritis, 84
 Ashford, Bailey K., 26, 250, 251, 253, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 323, 343, 365
 Asia, 21, 23, 69, 159, 160, 163, 193, 274, 296, 297
 Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, 42
 astrometría, 299, 301
 astronomía, 38, 60, 63, 64, 65, 66, 113, 115, 135, 152, 159, 160, 175, 215, 248, 291, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 305, 322
Astronomia Nova, 120
Asuntos varios sobre ciencias y artes, 174
 Atauhualpa, 95
 atomismo, 178, 225, 336
 Atucha I, 312
 Atucha II, 312
 auroras, 144
 Australia, 197, 320
 autoritarismo, 44, 45, 47, 217, 220
 azucar, 42, 104, 105, 228, 267, 270, 288
 azteca, 48, 65, 66, 67, 70, 72, 73, 76, 78, 81, 82, 83, 85, 86, 91, 93, 95, 96, 97, 98, 99
 aztecas, 48, 54, 61, 66, 67, 70, 71, 72, 73, 74, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 90, 93, 94, 97, 98
 Babilonia, 61, 64
Baccharis, 84
 bachilleratos, 30, 177
 Bacon, Francis, 113, 118, 130, 135, 138, 139
 Bahía, 270
 balísticas, 149
 Balmaceda, José, 219
 bantú (lengua), 231
 Barcelona, 258, 342
 barco de vela, 19
 Bariloche, 277, 309, 310, 311
 Barreda, Gambino, 221, 222, 223, 226
 barómetros, 166
 Basalla, George, 182, 243, 298, 335
 Batista Salaas, Juan, 45
 Bayer Co., 344
Beagle, 196, 197, 199, 200, 337, 338, 363
 Bélgica, 255, 348
 Bentham, Jeremy, 218
 Bergaño y Villegas, Simón, 178
 Berlin, E. A. y B. B., 84, 336
 Bernard, Claude, 42, 80, 206, 211
 Best, Charles, 42
 Bettencourt, Lucio, 235
 Biblioteca de Alejandría, 160
 bibliotecas, 46, 117, 135
 Bilbao, Francisco, 220, 221, 331, 364
 biología, 17, 32, 78, 80, 86, 87, 94, 102, 115, 182, 196, 203, 204, 210, 211, 319, 322, 329
 bioquímica, 245
 Blanco, Victor, 305
 Bogotá, 149, 153, 154
 Bolívar, Simón, 219, 239, 361
 Bolivia, 17, 45, 211, 346
 Boltzmann, Ludwig, 242
 bomba y plena, 228
 Bonpland, Aimé, 152, 186, 189, 337
 Borbones, 171
 Borges, Jorge Luis, 163, 164
BOSTID, 284
 botánica, 101, 102, 104, 108, 109, 112, 150, 152, 329
 Bouger, Pierre, 165, 166, 334, 335
 Boulton, Mathew, 266
 Boyle, Robert, 139
 Brache, Tycho, 316
 Brahe, Tycho, 119, 120, 121, 135
 Brasil, 17, 22, 26, 45, 69, 79, 82, 183, 199, 202, 210, 218, 228, 234, 235, 236, 238, 239, 241, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 279, 283, 287, 288, 291, 293, 294, 295, 296, 297,

Rodrigo Fernós

- 307, 312, 313, 319, 320, 329,
340, 342, 346, 347, 349
Bruno, Giordano, 148, 240, 361
Buenos Aires, 25, 355, 360, 366,
371
Buenos Aires, 69, 175, 218, 276,
288
Bulnes, Francisco, 223, 225
Buridan, Jean, 122, 123, 129
Burns, E. Bradford, 223, 364, 368
Cádiz, 148, 156, 333
cátedras, 178
Caballero y Góngora, Antonio, 153
Cachapay, Pedro, 135
cadáveres, 83
café, 69, 218, 228, 256, 257, 267,
288, 293, 294, 346
caída libre, 123
Caldas, Francisco JosÈ de, 4, 101,
111, 146, 147, 148, 149, 150,
151, 152, 153, 154, 155, 156,
157, 161, 174, 179, 180, 183,
192, 317, 328, 332, 333
Calderón, Salvador, 211
calendario, 64, 66, 67, 324
calendario juliano, 130
caliche, 244, 246, 317
calidad de vida, 4, 20, 86, 345
California, 32, 34, 102, 294
calor específico, 242, 244
calvinismo, 331
Calvino, Juan, 128, 331
Camacho, Avila, 302
Campomanes, Pedro Rodriguez de,
171, 173
Canadá, 107, 184, 301, 350
canales, 73, 74, 76, 91
Candolle, Alphonse de, 100
canela, 109, 336
canibalismo, 81
Cantlie, James, 254
capital humano, 20, 21, 25, 283, 295
capital intensivo, 344
carajo, 125
carbón, 265, 266, 327
Caribbean., 341
Caribe, 105, 227, 228, 234, 254,
295, 340, 367
Carlos III, 101, 106, 107, 108, 109,
111, 150, 171, 172, 173, 178, 180
Carlos IV, 106, 108, 109, 112, 180
Carnegie, Andrew, 277, 278
Carnot, Sadi, 269
carreteras, 34, 72, 73, 74, 76, 281,
282, 325, 327
Cartas eruditas y curiosas, 178
Cartas filosóficas de los ingleses,
169
*Cartas físico-matemáticas de
Teodosio a Eugenio*, 179
Carter, Jimmy, 285
cartografía, 151, 159, 160, 164, 168,
172, 248
casetas de almacenamiento, 75
Cassini (familia), 161, 162, 165, 335
Castilla, 172
Castro Madero, Carlos, 312
Castro, Fidel, 35, 313, 350
Celsius, A., 150
centrifuga (fuerza), 124
centrífuga (fuerza), 142
centrípeta (fuerza), 124, 142
Centro América, 69, 319, 340
Cercle des Philadelphes, 103, 104,
105, 174
CERN, 47
cero, 48, 61, 62, 63, 68, 70, 237,
264, 298, 324
Cerro Tololo, 303, 305
Chagas (enfermedad), 84, 195
Chambers, Robert, 196
Checoslovaquia, 30
Chiapas, 84, 85
Chicago, 35, 71
Chile, 4, 22, 23, 45, 67, 102, 109,
110, 197, 209, 211, 217, 221,
225, 239, 240, 241, 243, 244,
245, 246, 247, 248, 267, 273,
281, 282, 288, 298, 303, 304,
316, 317, 331, 342, 346, 348
Chimborazo, 107, 187, 188

- China, 23, 51, 54, 58, 59, 90, 174,
231, 251, 252, 253, 254, 255,
256, 257, 260, 261, 276, 285,
289, 291, 326, 343
chinampas, 72, 82
chinchona, 78, 102, 109, 112, 130,
150, 152, 153, 155, 328, 329
Chinchona officinalis, 154
Chomsky, Noam, 286
CIA, 36
ciencia pura, 241
ciencias sociales, 30, 41, 210, 241
cinchonina, 155
cinética, 123, 242
Ciudad de México, 97
civilización, 49, 50, 51, 52, 54, 55,
56, 66, 67, 71, 87, 88, 89, 92, 97,
98, 99, 170, 188, 200, 217, 254,
278, 323, 326
Clairault, Alexis, 243
Clairault, Alexis Claude, 143, 165
clase media, 147, 246, 290, 321
Clausius, Rudolf, 242
clima, 53, 55, 56, 58, 151, 155, 165,
189, 197, 203, 255
Clinton, Bill, 285
CNEA, 311, 312, 313
cobre, 267, 295, 336, 346
cochinilla, 104, 112, 174
Cohen, Isaac, 122
Colegio de Abogados, 177
Colegio de Artillería de Segovia,
173
Colegio de Medicina de Hong Kong,
252
Colegio de Santa Rosa, 177
Colegio Mayor de Nuestra Señora
de Rosario, 148
colibrí, 83
Colombia, 4, 22, 151, 153, 161, 163,
186, 346
colonialismo, 167, 180, 305, 317,
318, 328, 347
Colton, George, 259
Colón, Cristóbal, 113, 114, 160, 163
cometa, 120, 142
Comisión Económica Para América
Latina (CEPAL), 267
compañías extranjeras, 246
Compton, Arthur, 302
Comte, Auguste, 183, 213, 214, 215,
216, 217, 218, 220, 222, 225,
226, 340
Concilio de Trento, 130
Concurso Nacional de Ciencias de
Argentina, 42
Condamine, Charles-Marie La, 144,
151, 154, 165, 166, 167, 318,
333, 334, 335
Condillac, Abbe de, 170, 178
Congresos Científicos
Latinoamericanos, 239
Congresos Científicos Pan
Americanos, 3, 237, 366
Congresos Científicos
Panamericanos, 241, 247
Contrarreforma, 100, 101, 129, 130,
150, 173, 175
Contrato social, 170
Copan, 71
Copérnico, Nicolás, 113, 116, 118,
119, 120, 128, 130, 134, 135,
136, 137, 144, 150, 175, 291,
316, 330
Corán, 117
Corea, 30, 289, 320, 351
Corea del Sur, 30, 320
Cori, Carl y Gerty, 42, 43, 322
Correo Curioso, 149
Cortés, Hernán, 48, 72, 91, 96, 327
Cosmes, Francisco G., 222, 223, 225
Costa Rica, 47, 178
Cours de Philosophie Positive, 214,
217
Cousin, Victor, 218
Creciente Fértil, 57
cuadrando el círculo, 142
Cuarto Punto, 275, 279, 280
Cuba, 22, 25, 36, 47, 88, 106, 108,
144, 174, 177, 179, 186, 210,
228, 234, 237, 258, 267, 269,

Rodrigo Fernós

- 270, 280, 288, 307, 323, 340,
344, 349
Código de Dresdé, 65
Código Florentino, 85
Cuerpo de Ingenieros, 173
cuetlaxochitl, 83
cultura, 4, 13, 20, 21, 27, 29, 30, 34,
36, 39, 40, 46, 51, 52, 71, 81,
100, 114, 117, 125, 126, 132,
158, 170, 191, 192, 199, 217,
218, 220, 225, 227, 229, 234,
235, 236, 239, 247, 253, 261,
262, 266, 288, 289, 319, 320,
331, 341, 342, 346, 347
curandismo, 236
Córdoba, 308
Curtis, Heber D., 240, 301, 348
curva gaussiana, 37, 89, 98, 207,
208
Cuvier, George, 186, 200, 204, 205
Cuzco, 62, 72, 76, 325
D'Alembert, Jean, 170
d'Arngerville, Jean Cosme, 104
Dalí, Salvador, 158, 176, 362
d'Almeida, Theodoro, 179
damas, 90
Damianovich, Horacio, 245
Damionovich, Horacio, 42
Dante Alighieri, 125
Darwin, Charles, 119, 151, 152, 155,
175, 182, 183, 185, 186, 187,
188, 189, 193, 194, 195, 196,
197, 198, 199, 200, 201, 202,
203, 204, 205, 206, 207, 209,
210, 212, 213, 272, 319, 330,
333, 336, 337, 338
darwinismo, 193, 195, 198, 204,
206, 209, 210, 211, 212, 364
de la Barra, Eduardo, 248
De Revolutionibus, 119
de Vaux, Clotilde, 215
decimal, 61, 62, 324, 341
Declaración Ipero, 313
Demócrito, 114
Denizard Rivail, Hippolyte Leon.
Ver Kardec, Allan
derechos civiles, 222, 224
Desaguliers, John, 265
Descartes, Rene, 80, 81, 100, 123,
130, 138, 142, 178, 316, 330,
331, 332, 334, 336
Detroit, 35
diabetes, 42
Diamond, Jared, 57, 91
Diario de México, 174
diarrea, 84
Diaz Ossa, 342
Díaz Ossa, Belisario, 244
Díaz, Porfirio, 222, 223, 224
Diderot, Denis, 170, 187
Diego de Castillo, Juan, 108
difusión, 247
Dinamarca, 316, 348
dinamita, 307
Dios, 80, 94, 95, 123, 126, 127, 129,
130, 131, 140, 165, 169, 192,
203, 205, 207, 209, 334
disentería, 84
*Disertación Física sobre la materia
y formación de las Auroras*, 144
doctorados, 22, 27, 30, 246, 321,
344
doctores descalzos, 250
Doctrina Monroe, 240, 289
Dom Pedro II, 210, 235
Dombey, Charles, 109, 110
Domeyko, Ignacio, 246
dominicanos, 150
du Chatelet, Madame, 139, 165, 332
Duborg, Alexandre, 104
Ducci, 342
E. coli, 84
eclipse, 162, 248
Ecole Polytechnique, 215, 222
ecología, 151, 339
economía, 13, 15, 18, 20, 22, 23, 26,
27, 33, 57, 90, 104, 105, 112,
146, 147, 148, 153, 156, 157,
218, 244, 245, 246, 257, 261,
263, 265, 267, 268, 269, 270,
271, 272, 273, 278, 279, 281,
282, 283, 293, 295, 297, 308,

- 309, 333, 344, 345, 346, 347,
360, 361
- Ecuador, 17, 57, 143, 151, 154, 160,
164, 165, 166, 186, 210, 334, 340
- educación, 13, 29, 30, 32, 33, 34, 35,
36, 130, 147, 149, 171, 176, 217,
218, 220, 221, 222, 223, 226,
235, 246, 253, 257, 258, 297,
298, 321, 336, 344
- EEUU. *See* Estados Unidos
- Egipto, 51, 53, 58, 73, 76, 231
- Einstein, Albert, 124, 126, 216, 243,
302, 315
- El arcano de la quina*, 154
- El engañado, 178
- El Niño, 208
- El Salvador, 45, 268, 282
- El Semanario del Nuevo Reino de
Granada*, 151
- El Universal*, 225
- electromagnetismo, 245
- Emblase, 312
- Embrujamiento Alem-n*, 248
- emigrantes, 23, 24, 132, 247, 288,
293, 294, 297
- empiricismo, 138, 187, 189
- Encyclopedie*, 170
- energía, 70, 81, 98, 118, 123, 236,
238, 240, 261, 264, 266, 270,
282, 309, 310, 317, 321, 327, 339
- energía eléctrica, 238
- ENP, 222, 223
- epidemias, 97
- epilepsia, 85
- epistemología, 82, 131, 145, 214,
229, 339
- Eratosthenes, 160, 164
- Ernst, Adolfo, 210
- Erro, Luis Enrique, 301, 302, 303
- escalvitut, 228
- escarcha, 56, 324
- Escher, M. C., 158, 159, 164, 334
- esclavitut, 55, 105, 199, 220, 227,
228, 232, 234, 288, 341, 342
- esclavos, 104, 199, 228, 232, 288,
319, 328
- Escuela de Medicina Tropical, 250,
256, 260
- Escuela Nacional de Agricultura y
Jardinería de Managua, 45
- ESO*, 303, 304, 348
- España, 37, 88, 100, 101, 102, 103,
105, 107, 108, 110, 112, 118,
125, 126, 129, 131, 132, 133,
136, 137, 144, 146, 147, 149,
150, 153, 155, 156, 157, 167,
169, 170, 171, 172, 173, 175,
176, 177, 178, 179, 185, 210,
211, 212, 217, 257, 261, 269,
317, 319, 328, 331, 333
- especies incipientes, 209
- espectroscopio, 240, 263, 299, 300
- espiritismo, 183, 218, 234, 235, 236
- espiritistas, 235, 236
- Espíritu de las leyes*, 169
- Estados Unidos, 13, 15, 16, 17, 19,
20, 21, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 33,
34, 35, 36, 43, 50, 69, 98, 107,
127, 147, 182, 184, 213, 216,
221, 222, 224, 225, 236, 237,
238, 239, 245, 247, 256, 263,
264, 265, 266, 267, 270, 271,
274, 275, 276, 277, 278, 279,
284, 285, 286, 288, 289, 290,
295, 296, 297, 301, 305, 307,
308, 309, 313, 314, 316, 321,
327, 346, 349, 350
- estandarización, 67, 68
- Estocolmo, 40, 41
- Estrecho de Bhering, 97
- Estructura de revoluciones
científicas*, 137
- estructura social, 147, 246, 248, 253,
282
- Ètica laboral, 35
- etnobot-nica, 84
- etnofarmacología, 84
- etnomedicina, 84
- Eudoxo, 115
- Europa, 16, 20, 23, 43, 47, 54, 57,
58, 59, 69, 70, 78, 80, 83, 91,
100, 103, 104, 105, 117, 128,

Rodrigo Fernós

- 129, 130, 134, 137, 143, 148,
151, 152, 156, 159, 170, 173,
175, 178, 180, 182, 185, 186,
189, 192, 211, 216, 228, 231,
243, 253, 267, 271, 275, 279,
281, 283, 290, 291, 304, 308,
317, 328, 336, 339
evolución, 55, 113, 151, 152, 183,
187, 193, 194, 195, 196, 199,
201, 202, 203, 204, 205, 207,
220, 307, 315, 337, 338, 339, 351
Expediciones Botánicas, 153
Expedición Botánica, 148, 149, 154,
179
Facts and Arguments for Darwin,
210
*Facundo, entre la civilización y la
barbarie*, 218
Fahrenheit, D. G., 150
Fajardo, Victor, 35
falciforme (celula), 232
familia Latorre, 304
farmacéutica, 102, 245
Farquar, Percival, 270, 344
Federación de Espiritistas
Brasileños, 235
Feijoo y Montenegro, Fray Benito
Jéromo de, 178
Fermi, Enrico, 302
Fernando VI, 171, 172, 178
Fernando VII, 109, 156, 333
Ferr'n, Jaime, 258
ferrocarril, 264, 265, 269, 270, 271,
343, 344
fertilizante, 267
fiebre amarilla, 232, 240, 258, 278
Filipinas, 20, 25, 88, 102, 111, 259
filosofía natural, 132, 137, 184, 241
física, 17, 18, 32, 41, 47, 48, 70, 87,
93, 113, 115, 116, 122, 126, 136,
137, 140, 142, 144, 147, 178,
182, 216, 227, 233, 234, 240,
241, 242, 243, 245, 247, 261,
310, 311, 312, 322, 329, 347, 361
fisicoquímica, 41, 242, 243
Flamstead, John, 138, 142
flor de Santa Maria, 85
Flora del Perú, 110, 153
Flora mexicana, 108
flora y fauna, 17, 55, 102, 182, 186,
335, 341
Floridablanca, Conde de, 171
fluxiones, 142
Francia, 19, 42, 43, 83, 100, 103,
109, 129, 139, 160, 161, 169,
170, 171, 173, 193, 206, 210,
211, 224, 237, 247, 266, 293,
316, 320, 334, 336, 348
Franklin, Benjamin, 178, 343, 369
Frei, Eduardo, 304
Freitas, José Pedro de, 235
frentes de frío, 184
Fuchs, Leonard, 135
fuerza laboral adiestrada, 19, 22
fuerza laboral no adiestrada, 24
fuerza laboral profesional, 22
fuga de cerebros, 19, 20, 22, 25, 27,
284, 287, 297, 348, 353
Fundación Campomar, 47
Fundación Ford, 304
Fundación Rockefeller, 275, 277,
278, 279, 280
fósforo, 267
fósiles, 193, 202, 205
Gabinete de Historia Natural, 172
Galatea esférica, 158
Galileo Galilei, 100, 113, 121, 122,
123, 128, 130, 134, 144, 151,
175, 178, 316, 330, 332, 334, 352
Gallo, Joaquín, 301, 302
ganado, 41, 163, 240, 244, 342
Gans, Richard, 311
García, Teleforo, 222
Gaviola, Enrique, 311
Geisel, Ernesto, 45
geografía, 52, 53, 54, 160, 195, 227,
234, 341
geología, 126, 188, 200, 203, 245,
276
geometría analítica, 142
Ghana, 56
Giles, George M., 55

- glándula pineal, 81
 Gladstone, William E., 251
 Godin, Louis, 165, 166, 334, 335
 Godoy, Manuel, 108, 112
 Goicoechea, José, 178
 González de Linares, Agosto, 211
 González Martínez, Isaac, 258
 González, Enrique, 258, 310, 350
 González, Joaquín, 45
 Gordon, Lincoln, 275, 283
 Gorgas, William, 240, 258, 259
 Gowland, Sir Frederick, 43
 Gran Bretaña, 138
 gran cadena de la vida, 103
 gran cadena del ser, 206
 gravedad, 124, 137, 139, 141, 142,
 143, 158, 164, 214, 229, 266,
 317, 334, 341, 342, 345
 Greenwich, 67
 Groenlandia, 164
 guano, 185, 267, 269, 317
 Guatemala, 4, 45, 108, 111, 169,
 174, 177, 178, 270, 358
 Guerra Fría, 237, 276, 283, 300,
 307, 308, 349
 Guerra Hispanoamericana, 88, 212,
 247, 256, 258
 Guevara, Che, 47
 Guinea, 228
 Guinness, 269
 Gómez Ortega, Casimiro, 108, 110
Guns, Germs, and Steel, 57
 Gutenberg, Johannes, 118
 Gutiérrez Igaravidez, Pedro, 258
 Guzmán Blanco, Victor, 219, 220
 habichuelas, 82
 hacienda, 132, 157, 223, 333
 Haeckle, Ernest H., 210
 Haití, 19, 22, 104, 228, 232, 234,
 319, 341
 Hale, Charles, 221, 300, 364
 Halley, Edmund, 138, 142, 143
 harina, 69
Harmonici Mundi, 120
 Haro, Guillermo, 301, 302, 303
 Harrison, John, 106, 161, 162, 163,
 334
 Harvard, 301, 302
 Hawai, 302
 Hegel, Georg W. F., 316
 henequén, 174, 218
 Hennesy, John Pope, 251, 254, 259
 Herrero Ducloux, Enrique, 245
 hidrógeno, 307, 310
 hierbas, 78, 84, 85
 hierro, 48, 98, 231, 265, 266, 295
 hiladora Jenny, 265
 Hipparchus, 116
 hipótesis non-fingo, 214
 Hiroshima, 307
 hispano, 13, 24, 29, 31, 33, 35, 36,
 100, 129, 320
Histoire des Etats Unis, 224
Historia Natural, 103
History of Western Philosophy, 224
 Hoescht Co., 344
 Holanda, 171, 247, 273
 holandeses, 155, 247, 287
homo erectus, 50
homo sapiens, 50
homo sapiens sapiens, 50
 Honduras, 268, 282
 Hong Kong, 250, 251, 252, 254,
 255, 257, 258, 259, 343
 Hooke, Robert, 138, 141, 142
Hospital das Clinicas, 235
 Houssay, Bernardo, 41, 42, 43, 44,
 45, 46, 47, 322
 Huan Xuaxa, 76
 Huancaco, 71
Huang Ti Nei Ching, 255
 Huanuco Pampa, 75, 76
 Huascar, 95
 Hubbert, M. King, 98
 Hubble, Edwin, 263, 300, 348
 Huemul, 309, 310
 huesos, 83, 92, 94, 95, 193, 280, 326
 hueyahuatl, 97
 Huitzilopochtli, 66, 71
 Hulse, Russell, 298
 humanidades, 41, 243, 248

Rodrigo Fernós

- Humboldt, Alejandro von, 101, 133, 148, 149, 151, 152, 153, 155, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 200, 317, 318, 336, 337, 338
- humildad, 220, 225, 340
- humoralismo, 78, 252, 253, 255, 256, 257
- Hunt, William, 259
- huracán, 184, 262
- huracán San Ciriaco, 262
- Huxley, Thomas H., 213
- Huygens, Christiaan, 123, 124, 142, 330
- IAEA, 313, 350
- Ibn Rushd, 117
- ictericia, 230
- ideógrafos, 60, 62
- idiomas africanos, 231
- Iglesia Católica, 94, 95, 115, 120, 121, 122, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 135, 169, 171, 172, 211, 213, 217, 219, 220, 221, 226, 318
- ihiyotl, 82
- Ilustración, 169, 170, 171, 172, 177, 179, 180, 187, 358, 362, 363
- Imix, 64
- imperialismo, 88, 252, 255, 266, 275, 289, 298, 307, 347
- Imperio Romano, 53, 117
- ímpetu, 81, 122, 273, 343
- imprensa, 50, 111, 118, 134, 174, 231
- inca, 62, 73, 74, 76, 91, 93, 96, 325
- incas, 48, 61, 62, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 93, 95, 98, 193, 325, 327
- Index Librorum Prohibitorum*, 130
- India, 17, 19, 21, 23, 26, 51, 59, 231, 255, 265, 271, 324, 325, 341, 350
- indígenas, 48, 67, 70, 72, 76, 78, 81, 84, 85, 91, 107, 134, 154, 176, 191, 193, 199, 200, 218, 230, 234, 327
- índigo, 344
- indios trio, 79
- industria privada, 21, 90
- industrialización, 183, 213, 218, 246, 263, 264, 267, 269, 271, 272, 273, 274, 283, 289, 290, 291, 295, 317, 345
- industrialización por sustitución de importación, 268
- infierno, 115, 125
- ingeniería, 21, 69, 241, 265, 356
- ingenieros, 21, 22, 243, 247, 271
- Inglaterra, 15, 19, 30, 43, 45, 67, 139, 147, 161, 169, 171, 173, 175, 187, 193, 196, 197, 198, 199, 202, 203, 204, 251, 253, 254, 255, 261, 264, 265, 266, 273, 292, 293, 304, 316, 322, 331, 332, 340, 343, 346
- Inquisición, 85, 100, 101, 125, 126, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 150, 169, 175, 318, 331, 334
- Institutiones philosophicae*, 179
- Institución de Libre Enseñanza, 211
- Institute of Inter-American Affairs*, 280
- Instituto Campomar, 43
- Instituto de Aeronáutica, 308, 309, 310
- Instituto de Enfermedades Infecciosas, 293
- Instituto de Enfermedades Parasíticas, 250
- Instituto de Fisiología, 42, 43, 46, 47
- Instituto Oswaldo Cruz, 278
- Instituto Rockefeller, 256
- Instrucciones de Filosofía Eclética*, 144
- insulina, 42, 322
- Inter-American Development Bank*, 284
- Interdepartmental Committee on Scientific and Cultural Cooperation*, 280
- inyecciones, 229
- Iraolagoitia, Pedro, 310, 311
- ISI, 268, 274, 345

- islas Galápagos, 155, 194, 202, 203, 208, 338
 Italia, 100, 108, 129, 136, 139, 211, 316, 331, 341, 348
 Itzcoatl, 93
 Júpiter, 121, 151, 161, 162, 328
 Jamaica, 200, 228
 Japón, 15, 16, 21, 24, 30, 213, 223, 263, 276, 282, 287, 289, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 311, 316, 320, 347, 351
 Jardín Botánico de Madrid, 108, 156, 172, 173
 Jardín Botánico Real, 108
 jesuitas, 100, 128, 129, 130, 131, 132, 144, 149, 172, 175, 290
JICA, 296
 John Wesley Powell, 276
 Johnson, Lyndon B., 281
 José López, Sebastian, 154
 Juárez, Benito, 220, 222, 224
 judíos, 126, 348
 juego, 4, 90, 106, 268, 322
 jungla, 51, 52, 102, 205, 281, 325, 327
 kaempferitin, 85
Kaigai Kogyo Kabushiki Kaishatenian, 294
 kaiser Wilhelm II, 344
 Kardek, Allan, 183, 215
 Kennedy, John F., 238, 281, 283
 Kepler, Johannes, 113, 119, 120, 126, 135, 142, 175, 330, 332, 352
 Kierkegaard, Søren, 214
 kin, 63
 King, W. W., 98, 259
 Kissinger, Henry, 291
 Kitasato Shibasaburo, 293
 koala, 315
 Koch, 293
Kosmos, 183
 Krämer, Gerhard, 164
 Krause, Friederich, 218
 krausismo, 218
 Kubisheck, Juscelino, 235, 283
 Kuhn, Thomas, 81, 93, 137, 194
 Kyoto, 292
 L'Ourverture, Toussaint, 104, 232
La América en peligro, 220
 La Conquista, 85
 La Española, 104
La Libertad, 222
 La Plata, 111, 137, 143, 177
 La Silla, 190, 192, 303, 304
 Laboratorio Microbiológico, 258
 laboratorios, 46, 260
 Lachaud, Marcel, 241, 242, 243
 Lagarrigue, Jorge, 217
 laissez faire, 265
 Lamarck, Jean Baptiste, 196, 204, 205
 las Indias, 78, 98, 102, 132, 319
 Lastarria, José Vitorino, 213, 221, 225
 latín, 118, 171, 176
 latitud, 57, 58, 159, 160, 161, 163, 164, 303, 334
 Lavoisier, Antoine, 170, 180
 Leclerc, Charles, 232
 Leguizamón, Martiniano, 245
 Leibnitz, Gottfried W., 178
 Leiden, 148
 leishmaniasis, 84
 Leloir, Luis Federico, 41, 43, 44, 45, 46, 47
 lenguaje, 60, 61, 170, 199, 219, 220
 Lerdo de Tejada, Sebastian, 223
 Lesseps, Ferdinand de, 258
 Letelier, Valentín, 240, 364
 León y Gama, Antonio, 144
 Lex, Ary, 235
 ley, 19, 90, 96, 123, 132, 137, 141, 142, 143, 144, 177, 210, 214, 221, 223, 236, 254, 259, 260, 277, 294, 316, 344, 347
 ley de promedio, 37
 leyenda negra, 179, 328
 leyes, 51, 120, 121, 123, 132, 140, 143, 147, 148, 169, 172, 177, 210, 236, 255, 264, 265, 273, 296, 304, 322, 351

Rodrigo Fernós

- liberalismo, 268
- Liberia, 230, 367
- licencias, 296
- licenciaturas, 236, 245
- Líceo, 115
- Lima (Peru), 134, 156, 174, 186, 192
- Linneo (Karl von Linné), 103, 149, 152, 154, 188
- List, Friedrich, 263, 344
- Locke, John, 178, 225
- logógrafos, 60, 62
- Loja, 154, 155
- Londres, 56, 162, 173, 200
- longitud, 58, 106, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 198, 328, 334
- Loucura sob Novo Prisma*, 235
- Lugdunensis, 179
- Luis XIV, 161
- Luna, 65, 71, 91, 115, 121
- lusitanos, 288
- Lutero, Martín, 127
- luz, 65, 91, 94, 103, 112, 137, 139, 140, 141, 144, 156, 158, 173, 178, 188, 204, 213, 240, 291, 299, 300, 302, 329, 331, 348
- Lyell, Charles, 182, 186, 187, 193, 198, 200, 201, 204, 338
- Müller, Fritz, 210
- Machu Picchu, 72
- MacNamara, Robert, 285
- magüey, 107
- malz, 75, 82, 174, 206
- malaria, 78, 130, 154, 232, 258, 279
- Malaspina, Alejandro, 106, 107, 108, 111, 112, 180
- Malthus, Thomas, 187, 208
- manchas solares, 121
- Manila (Filipinas), 20, 174
- mano de obra, 147, 246, 294
- Manson, Patrick*, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 259, 260, 261, 343
- mantequilla, 245
- Manual of Tropical Diseases*, 251
- manufactura, 228, 246, 264, 268, 295, 345, 348
- Mao Tse Tung, 250
- Maria Luisa, 107
- Marina, 172
- Marqués de la Ensenada, 173
- Marte, 65, 120
- Masters, William A., 56
- matemática, 16, 38, 48, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 120, 122, 123, 137, 149, 158, 175, 214, 234, 330
- matemáticas, 30, 54, 60, 61, 62, 63, 80, 114, 139, 146, 150, 178, 215, 222, 233, 241, 324, 329, 332, 335
- materia prima, 217, 247, 267, 268, 272, 288, 295, 296, 345, 347
- materialismo, 218, 227, 290, 340
- Maupertuis, Pierre-Louis Moreau de, 165, 166, 334, 336
- maya, 48, 62, 64, 65, 66, 70, 71, 73, 74, 85, 88, 91, 92, 93, 324, 325, 326
- mayas, 4, 48, 61, 62, 63, 65, 66, 70, 71, 84, 85, 88, 91, 92, 117, 326
- McMillan, Margaret S., 56
- medicina, 5, 16, 17, 20, 43, 45, 78, 82, 83, 84, 85, 86, 90, 148, 172, 174, 177, 210, 228, 229, 230, 231, 235, 236, 237, 250, 251, 252, 253, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 277, 284, 291, 322, 325, 338, 347
- medicina tropical, 251
- médicos, 20, 25, 45, 83, 101, 102, 104, 135, 139, 230, 236, 243, 247, 250, 253, 257, 258, 261, 320, 343
- Medio Oriente, 51, 58
- Mediterráneo, 52, 54
- Meiji*, 289, 291
- Memoria sobre un nuevo método de medir la altura de las montañas*, 150
- Mendoza Porres, Juan, 135
- Menem, Carlos, 312

- mercado internacional, 248, 274, 294, 345
- mercado libre, 73, 74, 75
- Mercator, 163, 164
- Mercurio Peruano*, 174, 179
- meridianas (líneas), 164
- meridiano, 165, 166, 335
- Merton, Robert, 100, 127, 128, 328
- Mesoamérica, 58, 61, 64, 83, 116
- Messía de la Cerda, Pedro, 148
- meteorología, 126, 184, 301
- metrópoli, 3, 167, 178, 298, 303, 317, 318, 328
- México, 16, 17, 22, 23, 27, 52, 73, 76, 84, 85, 91, 92, 93, 96, 97, 105, 107, 108, 111, 134, 143, 147, 156, 157, 174, 177, 192, 210, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 268, 269, 272, 273, 278, 279, 300, 301, 302, 325, 333, 340, 345, 348
- Miami, 36, 234
- Michelson, Albert, 240
- migración, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 33, 35, 188, 218, 254, 287, 288, 289, 293, 294, 297, 326, 347, 370
- militarismo, 66, 347
- militarización, 172, 289
- Mill, John Stuart, 214, 218, 267
- Milne, John, 292
- Milstein, Cesar, 41, 44, 45, 46, 322
- minearológica, 101
- minerales, 194, 247, 267, 311, 336
- mineralogía, 172, 174, 179
- minería, 150, 245, 247
- misticismo, 120
- mit'a*, 73
- mitosis, 245
- Moctezuma, 96
- modernidad, 217, 280
- modernización, 3, 17, 100, 172, 183, 213, 214, 218, 219, 223, 235, 263, 287, 289, 290, 291, 308, 319, 340, 346, 347
- moléculas diatómicas, 241
- monarquía, 171, 178, 180
- Monge, Carlos, 211
- monocultivo, 267
- Monroe, Charles, 245
- Montesquieu, Charles de Secondat, Barón de, 169, 170
- Mopox, Conde de, 106
- moralidad, 131, 215, 217, 220, 221, 226
- Morelos, 157, 333
- Moreno, Francisco, 149
- Moriozot, Pablo, 244
- Morrillo, Pabo, 157
- mortmain*, 219
- Moscoso, Teodoro, 284
- motor de vapor, 264, 269
- Mount Wilson, 300
- movimiento atómico, 242
- Mozioño, José Mariano, 108, 109, 111, 112
- mujeres, 37, 176, 189, 220, 326
- Murdock, George, 230
- museos, 205
- Mutis, José Celestino, 101, 106, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 174, 328, 333
- Mutisia clematis*, 152
- Mysterium Cosmographicum*, 120
- Naciones Unidas, 45, 280
- Nagasaki, 307
- Nagasaqui, 289
- Nahuel Huapi, 309
- Nanahuatzin, 70
- Napoleón, 109, 112, 149, 156, 232, 333
- Napoleón Duarte, José, 45
- National Assessment of Educational Progress*, 32
- Natural Theology*, 205
- neoliberalismo, 274
- neurología, 37, 258
- Newcomen, 265, 266
- Newton, Isaac, 65, 113, 120, 121, 124, 126, 134, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 150, 164, 165, 166, 169,

Rodrigo Fernós

- 175, 178, 185, 187, 188, 196,
197, 214, 226, 229, 234, 265,
315, 316, 329, 330, 332, 335,
340, 352
niacin, 82
Nietzsche, Friedrich, 220
Nigeria, 56, 228, 314
ninsei, 296
Nipón, 295
nisei, 295, 297
nitrato de sodio, 244, 246, 247
nitratos, 288
nitrógeno, 240, 245, 246, 310
Norte América, 16, 228, 367
NSF, 284
Nueva Granada, 101, 102, 106, 137,
144, 146, 148, 149, 153, 154,
155, 157, 161, 174, 177, 328, 333
Nueva Granda, 174, 317
Nueva York, 29, 34, 35, 71, 257
Nueva Zelanda, 197, 200
objetos Herbig, 302
Obrecht, Alberto, 241, 242, 243,
248, 342
*Observaciones sobre el clima de
Lima*, 56
Observatorio de Arecibo, 298, 305,
306, 348
Observatorio de Santa Fe, 148, 151
Observatorio de Yerkes, 300
Observatorio Nacional, 243, 301,
342
Ocean Pacífico, 88, 102, 107, 197,
211, 285, 347
Oceano Atlántico, 107, 113, 184, 303
ODA, 296
Olivar Gonzáles, José, 250
Índice de Libros Prohibidos, 120
Operación Manos a la Obra, 283
Operación Panamericana, 283
Oppenheimer, Robert, 307, 314
Oración Cívica, 222
orden social, 70, 88, 93, 94, 118,
215, 217, 219, 221, 222, 225,
226, 327
Oriente Medio, 276, 282
Origen de las especies, 210
Origin of Species, 196, 207, 364
oro, 101, 110, 146, 192, 213, 247,
316, 317, 336
Orwell, George, 134
Osiander, Andreas, 120, 136
Ostwald, Wilhelm, 41, 242, 243
Owen, Robert, 218
ozos bezudos, 315
Pachakuti, 94
Paley, William, 205, 207
pan, tierra, libertad, 284
Panamá, 107, 237, 258
panaqa, 94, 95
Papa Juan II, 318
Papa romano, 132, 318
papas, 75, 318
Papeles Periódicos, 174
Papua Nueva Guinea, 81
Paracelso, 230
Paraná, 304
Paris, 43, 161, 167, 173, 186, 337
París, 148, 162, 292, 335
Pascal, Blaise, 100
Pasteur, Louis, 258
Patagonia, 309, 369
patentes, 15, 18, 90, 273, 326
patrón de nacimiento, 38
Pavón y Jiménez, José Antonio, 106,
109, 110, 111, 154
pedagogía, 34, 222
película de enfermedades tropicales,
229
péndulo, 67, 106, 162, 330
pensamiento mágico, 134, 140, 171,
227, 235, 288, 317, 319
Perú, 26, 27, 71, 91, 93, 102, 103,
106, 107, 109, 110, 111, 143,
153, 154, 157, 164, 165, 177,
179, 180, 185, 186, 187, 193,
210, 267, 269, 279, 282, 294,
295, 312, 317, 320, 327, 333,
336, 340
periferia, 3, 76, 94, 167, 177, 255,
258, 298, 304, 317, 318
periodo Hapsburgo, 171

- peripatéticos, 115
 Persistencia de la memoria, 158
 Perón, Juan, 44, 238, 308, 309, 310, 311, 349, 350
 petróleo, 98, 112, 224, 272, 277, 312, 327, 344, 345
 Pezuela, Joaquín de la, 156, 333
 Philipi, Rudolfo A., 209
 Philips Co., 310
 Philoponus, 122
philosophes, 170
Philosophical Transactions, 139, 266
Philosophie zoologique, 204
Physical Review, 25
 PIB, 296, 345
 pictogramas, 62
 Pineda y Ramírez, Antonio, 107
 Pineda, Rosendo, 223
 pinzones, 194, 203, 208, 209
 Pirámide del Sol, 92
 pirámides, 51, 71, 81, 92
 Piramides el Sol y la Luna, 71
 Pitágoras, 114
 Pizarro, Francisco, 48, 91, 95
 Plan de un viaje científico y político a el rededor del mundo, 107
 Plan Marshall, 279, 283, 308
 Planck, Max, 38, 40, 242
 planificación, 74, 240, 269, 282, 325, 336
Plantae novae hispaniae, 108
 plata, 110, 247, 336
 platonismo, 206
 Platón, 80, 114, 115, 116, 118, 206
 Pléyades, 71, 72
 Plinio, 103
 PNB (Producto Nacional Bruto), 22, 23, 24
PNE, 313, 350
 Poey, Felipe, 210
 polen, 92, 326
 Polo Norte, 143, 165
 Polo, Marco, 231
 Polonia, 118, 316
Polytechnique de la Sorbonne, 243
 Popayán, 146, 148
 Portes, Alejandro, 24
Porto Rico Anemia Commission, 256, 260
 Portugal, 129
 positivismo, 167, 183, 213, 214, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 224, 226, 340, 364
 Post, Regist, 259
 Prebisch, Raúl, 267, 268, 326
 Premio de la Facultad de Ciencias Médicas, 43
 Premio Nóbel, 16, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 240, 248, 258, 263, 291, 298, 321
 Primer Congreso Latinoamericano, 243
 Primer Congreso Panamericano, 239
 Primera Guerra Mundial, 40, 126, 235, 277
Principia, 65, 138, 140, 143, 150, 164, 331, 332
 prisma, 140, 144, 235, 299
 Prix Breant, 258
 probabilismo, 131, 318
 producción en masa, 147, 274
 productividad académica, 37
 producto interno bruto, 268, 296, 345
 profesionalización, 244, 245, 246
 propiedades emergentes, 225, 226, 340
 propiedades intrínsecas, 84, 214
 proteína, 58, 82
 protestantismo, 100, 125, 128, 331
 protoindustrialistas, 267
 Protomedicato, 172
 proyección Peters, 163, 164
 Proyecto Manhattan, 309, 325
 psicología, 38, 210, 214, 225
 psiquiatría, 236
 publicaciones, 24, 38, 42, 316
 Puebla, 302
 Puerto Rico, 1, 3, 5, 19, 23, 26, 34, 69, 88, 98, 108, 111, 161, 174, 228, 234, 237, 250, 251, 255,

Rodrigo Fernós

- 256, 258, 261, 262, 273, 279,
283, 291, 298, 305, 319, 321,
323, 325, 340, 345, 347, 348,
349, 351
pulmonía, 84
pulque, 107
pulsars, 298
pólvora, 138, 149, 231
puma, 72
Pumpu, 75, 76
Punta del Este, 281
pureza de sangre, 176
puritanos, 128
quercitagritin, 85
Quetzalcoatl, 70, 71, 72, 83
Quetzalcoatl, 65
química, 16, 17, 18, 32, 38, 78, 102,
116, 136, 140, 155, 170, 241,
244, 245, 246, 264, 273, 322,
327, 329, 342, 347
química orgánica, 246
quinina, 155
quipu, 48, 61, 62, 63, 74, 76, 95, 327
Quiriga, 71
Quito, 76, 174, 192
racionalismo, 138, 340
Rademaker, Augusto, 45
Ramírez, Alejandro, 179
Ramos-Mexía, Ezquequiel, 276
Ramón y Cajal, Santiago, 37, 258
rayos gamma, 311
Reagan, Ronald, 285
Real Academia de Ciencias de
Suecia, 39
Real Academia de las Ciencias de
París, 174
Real Académica de la Ciencia
Española, 180
Real Escuela de Mineralogía de
Indias, 173
Real Sociedad de Londres, 128, 139,
332
Real Sociedad Militar de Madrid,
173
Real Sociedad Vascongada de
Amigos del País, 173
Real Sociedades Patrióticas, 172
Reales Expediciones Botánicas, 101,
102, 105, 153, 358
Recife, 287
Reconquista, 132
recursos alimenticios, 53, 90, 208,
209
recursos primarios, 218, 224, 345
reencarnación, 80, 235
rejillas difraccionales Rowland, 240
reloj, 67, 106, 123, 161, 162
remuneración, 17, 26, 301
Renacimiento, 122, 159, 175
República Democrática Alemana,
308
República Dominicana, 19, 104,
177, 228, 230, 319
Restrepo, Félix, 148, 151
Revolución Científica, 5, 100, 113,
114, 115, 117, 118, 122, 126,
128, 130, 131, 134, 135, 137,
138, 140, 142, 169, 173, 187,
231, 264, 265, 299, 316, 331,
341, 352
Revolución Cubana, 27, 35
Revolución Francesa, 180
Revolución Industrial, 147, 264,
265, 266, 273
Rheticus, Gregorius J., 136, 330
Richter, Ronald, 308, 309, 310, 311,
349, 350
Rio Nígero, 54
Rio Yangzee, 54
Ristenpart, Federico, 248, 342
Rio de Janeiro, 278
Robinson y Gallager, 255
Rocheffort, Juan, 244
Roma, 48, 53, 90, 93, 120, 132, 330
Romy, Tomas, 174, 362
Ross, Ronald, 251
Rostow, Walt W., 280
Rousseau, Jean Jacques, 170
Royal Society of London, 139, 142,
173, 266, 331
rueda caléndrica, 64, 66
rueda de gravedad, 266

- rueda de ímpetu, 265
Ruiz López, Hipólito, 106, 109,
110, 111, 154, 179
Rusia, 173, 289, 326
Russell, Bertrand, 77, 222, 224
Sánchez Mujica, Eduardo, 239
sacerdotes científicos, 215
Sahagun, Fray Bernardino de, 85,
319
Sahara, 54, 184, 228, 231, 232, 268,
322
Saint Domingue, 103, 104, 174
Saint Simon, Henry, 218
Sainte Domingue, 105, 232
salarios, 20
salitre, 112, 241, 244, 304
salsa, 228
San Agustín, 80
San Ignacio de Loyola, 130
San Juan (Puerto Rico), 1, 161, 328
San Martín, 239
San Pedro de Alcántara, 110
San Pedro Mártir, 300, 301, 302,
303, 348
sangre, 42, 43, 56, 70, 81, 83, 84,
190, 229, 257
sansei, 295, 297
Sansteban, Miguel, 152
Santa Clara, 270
Santa Fe, 148, 149, 153
santería, 228, 229, 234
Santiago, 239, 258, 270, 342
Santo Domingo, 328
Santo Tomás de Aquino, 80, 125,
176
sarampión, 229
Sarmiento, Domingo, 217, 218
Sarney, José, 313
Satanás, 126
Saturno, 121, 263
SBPC, 45
Schumacher, Joseph, 280, 281
Segunda Guerra Mundial, 13, 19,
30, 31, 127, 186, 237, 241, 267,
275, 279, 283, 289, 295, 298,
301, 307, 308, 325, 349
selección artificial, 209
selección natural, 46, 152, 182, 183,
194, 196, 197, 201, 203, 204,
207, 208, 209, 315, 337, 364
selección sexual, 197
Semanario, 151, 174
Seminario de Minería, 143, 177
Seminario Metálico de Vergara, 173
Sen, Sun Yat, 253
Serrano Fatigati, Enrique, 211
Sesse y Lacasta, Martín de, 106,
108, 111
SHA, 227, 228, 229, 230, 231, 232,
233, 234, 235, 236, 342
Shapley, Harold, 301, 302, 303, 348
Shultz, George, 285
SIDA, 35, 42
Siderius Nuncio, 121
Sierra Leona, 230
Sierra, Justino, 222, 223, 225
sífilis, 83
sincretismo, 78, 85, 319
Sinforoso, 153, 154
Sirius, 65
sismología, 292
sistema de oposiciones, 178
Sistema natural, 103
Sloane, Sir Hans, 139, 200
Smeaton, John, 265, 266
Smith, Benjamin, 240, 358, 362,
363, 370
Snow, C. P., 248
Sociabilidad chilena, 220
socialización, 26, 51
Sociedad Económica Amigos del
País, 174, 269
Sociedad Española de la Ciencia,
173
Sociedad Fraternal de la Psicología,
235
Sociedad Fraternal del Espiritismo,
235
Sociedad Mexicana de Historia
Natural, 108
Sociedades Económicas, 101, 172,
173

Rodrigo Fernós

- sociobiología, 315
sociología, 210, 226, 328
Sol, 65, 70, 71, 72, 81, 91, 93, 121, 335
Solla Price, Derek de, 13, 47
Spengler, Oswald, 89, 327
Standard Oil, 277
Stella Nova, 120
Stevens, John, 259
STIA, 284
Stimson, Henry, 259
Stock, Jurgen, 303
Strewinski, W., 304
Sudáfrica, 303, 304
sud-Sahara, 53, 54, 227, 325
Suecia, 40, 128, 322, 348
sulfato, 244
Summae Philosophae Scholasticae, 144
Syrene, 160, 164
Système de politique positive, 214
Tagetes lucida, 85
Tahití, 197
Tainter, Joseph, 89, 90, 91, 98, 327
Taiwán, 17, 23
Tank, Kurt, 308
Tarascana, 96
Taylor, Joseph, 298
TCA (Administración de Cooperación Técnica), 280
Teatro Crítico Universal, 178
Technische Hochschule, 344
techo, trabajo, tierra, 284
Tecuiciztecatl, 70
tecuítlatl, 82
Telégrafo Mercantil, 174
telescopio, 121, 162, 263, 300, 302, 303, 305, 332, 348
telescopio Hale, 263
Teller, Edward, 314
temazcalli, 97
Templo Mayor, 71, 72
Tenochtitlán, 81, 83
Tenochtitlan, 71
tensiones estructurales, 22
teología, 125, 126, 140, 142, 177, 205, 207, 217, 223, 332, 340, 344
teología natural, 203, 209
Teotihuacan, 73, 77, 91
Tercer Congreso Científico Latinoamericano, 244
Tercer Mundo, 20, 25, 35, 286, 345
termodinámica, 264, 269, 273, 339
termómetro, 150, 332
Texas, 3, 32
teyolia, 82
Tezcatlipoca, 83
The spread of western science, 182
Thierry, Nicolás, 105
Third International Mathematics and Science Study, 30
tiempo, 5, 26, 37, 38, 47, 53, 58, 60, 61, 64, 66, 67, 69, 70, 76, 81, 90, 95, 102, 106, 109, 111, 119, 121, 123, 129, 153, 154, 155, 158, 159, 160, 161, 162, 166, 176, 189, 196, 198, 200, 201, 215, 222, 224, 232, 233, 247, 252, 254, 261, 265, 278, 283, 300, 302, 313, 322, 324, 325, 326, 328, 329, 332, 333, 335, 338, 349
tiempo común, 67
tiempo desechable, 69
Tierra, 114, 115, 119, 123, 124, 142, 143, 144, 145, 151, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 184, 195, 199, 200, 201, 204, 215, 242, 266, 327, 335, 336, 361
Tikal, 73, 91, 92, 93, 326
Tlaloc, 71, 85
Tlaxcalana, 96
TO (mapas), 159
Tokugawa, 291
Tolomeo, Claudio, 116, 118, 119, 159, 160, 161, 315
tomates, 82
tonalli, 48, 82, 83
Tonantzintla, 301, 302, 303
Tonatuih, 81, 93
Tonatzintla, 301

- totalitarismo, 77, 222
 Toynbee, Arnold, 51, 52, 53, 55, 57, 87, 88, 93, 99, 289, 323, 327
 tradición escrita, 233, 234
 tradición oral, 233
 transferencia de tecnología, 287, 296
 transmisión, 247
 Tratado de Tlatelolco, 312, 313
 triángulo mercantil del Atlántico, 228
 triangulación, 164, 165, 166, 335
 tribu baganda, 229
 tribu mano, 230
 tribu trio, 82
 trigo, 52, 57, 69, 326
 Triple Alianza, 93
 Truman, Harry, 238, 279, 280, 281
 tsetsé, 230
 Tula, 71, 72
 tun, 63
 tzolkin, 64
 uinal, 63
 Unanue, Hipólito, 56, 57, 188
 UNESCO, 238, 275, 284, 329
 UNFSSTD, 284
 United Fruit Company, 270
 Unión Soviética, 237, 276, 307
 Universidad Autónoma de México, 26
 Universidad Católica, 244
 Universidad de Buenos Aires, 45
 Universidad de Chile, 245
 Universidad de Columbia, 260
 Universidad de Cornell, 298, 362
 Universidad de Oxford, 292
 Universidad de París, 122
 Universidad de Puerto Rico, 34, 321
 Universidad de Salamanca, 149
 Universidad de San Carlos Borromeo, 177
 Universidad de San Carlos de Guatemala, 175, 177
 Universidad de San Carlos y de Nuestra Señora de Montserrat, 177
 Universidad de San Felipe, 177
 Universidad de San Jerónimo, 177
 Universidad de Santiago de la Paz, 177
 Universidad de Tokio, 292
 Universidad de Washington (St. Louis), 43
 Universidade de S., 235
 Uppsala, 40, 41
 uranio, 311, 313, 350
 urbanismo, 70
 Uruguay, 17, 45, 239, 241, 288
 US Geological Survey, 276
 USIMINAS, 295
 vacío, 39, 122, 129, 139, 144, 272, 281, 320
 valores, 13, 24, 34, 63, 71, 127, 129, 168, 191, 216, 217, 223, 275, 290, 297, 313, 342
 vampiros blancos, 229
 van't Hoff, 243
 Varela, Felix, 144
 Vargas, Getúlio, 291
 Venezuela, 22, 186, 189, 193, 210, 219, 320, 363
 Venus, 48, 65, 71, 72, 121, 162, 223
 vernáculo, 118, 171
 Vesalius, Andreas, 135
 Vía Láctea, 299, 335
 Vichuquén (lago), 248
 vigesimal (matemática), 62, 63
 Vigil, José María, 221
 Virginia, 36
 viruela, 97, 98, 162, 195, 199
 VITA, 284
 VLT (*Very Large Telescope*), 4, 304
 Voltaire, 139, 169, 170
 vudú, 228, 229, 234
 vómito negro, 240
 waru waru, 72, 74
 Watt, James, 264, 265, 266, 269
 Weber, Max, 128
 WHO, 284
 Williams, George, 315
 Willis, Bailey, 276, 277, 369
 Wilson, Woodrow., 239
 Winterbottom, Thomas, 227, 231
 Wolf, Teodoro, 210

Rodrigo Fernós

Wolferen, Karel van, 290, 291, 295
Wood, Leonard, 258, 259, 280
Wren, Christopher, 142
Wucherer, Otto, 210
Wynne-Edwards, Vero, 315
xebe, 107
Yale (Universidad), 270, 365

yauhtli, 85
yolia, 82
Yucatán, 91
Zaire, 54
Zeger, Luis, 247
Zuñiga, Diego de, 136, 175