



OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL

Trabajos fotográficos y geográficos bajo la dirección de Ángel Anguiano (1877-1899)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Trabajo de Tesis para obtener el grado de Maestro en Humanidades
Línea en Historia y Filosofía de la Ciencia

Alumno: Enrique Téllez Fabiani
Matrícula: 97100760
Fecha de elaboración: Mayo de 2003

Director del Trabajo de Tesis:

Mtro. Juan Manuel Espinosa.

Agradecimientos

Las personas que están directa e indirectamente involucradas son demasiadas para ser nombradas aquí. Sólo quisiera dejar asentado, que a nivel personal, este trabajo no hubiera sido posible, de no ser por el apoyo moral de Merce, en los momentos más críticos de mi vida.

Mi interés por la Historia de la Ciencia fue inculcada por Adolfo Olea Franco, profesor del posgrado.

Por otro lado, le agradezco a Leticia Mayer su atención y su valiosa crítica.

A las personas que leyeron, y decidieron llevar hasta sus últimas consecuencias esta tesis, les estoy profundamente agradecido de por vida; en estricto orden de aparición: Juan Manuel Espinosa, Eduardo Piña y Jesús Galindo Trejo.

CONTENIDO GENERAL

Introducción, p. 4

PARTE 1

Capítulo 1. Los telescopios

- 1.0. Objetivo, p. 14
- 1.1. Breve historia de los telescopios, p. 14
- 1.2. La construcción de los refractores en el siglo XIX, p. 18
- 1.3. Las instalaciones y los instrumentos, p. 24
- 1.4. Comisión Especial Astronómica, p. 31
- 1.5. Conclusión, p. 34
- Anexo 1. Instrumentos comprados para Chapultepec, p. 35
- Anexo 2. Lista aprobada para la compra de instrumentos, p. 36

Capítulo 2. Los observatorios

- 2.0 Objetivo, p. 38
- 2.1 Observatorios astronómicos en Latinoamérica, p. 38
- 2.2 La visita a los observatorios europeos, p. 41
- 2.3 La propuesta: OAN en Chapultepec, p. 49
- 2.4 La respuesta: OAN en Tacubaya, p. 52
- 2.5 Conclusiones, p. 57

PARTE 2

Capítulo 3. Trabajos fotográficos

- 3.0 Objetivo, p.59
- 3.1. El proceso de asimilación de la fotografía, p.59
- 3.2. La fotografía y el tránsito de Venus, p.65
- 3.3. El Congreso Astrofotográfico y la *Carte du Ciel*, p.73
- 3.4. Conclusión, p.84

Capítulo 4. Los trabajos geográficos

- 4.0. Objetivo, p. 85
- 4.1 Introducción, p. 86
- 4.2. La astronomía de posición en la geografía mexicana, p. 96
- 4.3. Meridianos universales, p. 103
- 4.4. El Observatorio Astronómico Central en Palacio Nacional, p. 109
- 4.5. La medición de las longitudes entre observatorios fijos, p. 115
- 4.6. Las primeras observaciones, p. 120
- 4.7. La Sección Geográfica-Astronómica, p. 126
- 4.8. Conclusión, p. 132

Conclusiones generales, p. 134

INTRODUCCIÓN

Este trabajo trata de la institucionalización de la Astronomía en México; esto es, de la creación material de espacios apropiados para desarrollar un programa de investigación cuyo objeto de estudio es la Astronomía, tanto práctica como teórica; además de su relación con otras disciplinas.

Se trata de un tema que no necesita mucha justificación, porque los nexos que lo relacionan con acontecimientos determinantes en la vida de México revisten de una gran actualidad no sólo en el estudio de las disciplinas tecnológicas y científicas, sino en la política interior y exterior, sobre todo en referencia a las intervenciones francesa y norteamericanas. En la segunda mitad del siglo XX, aparecen dos primeros trabajos que ofrecen una visión enciclopédica de la vasta producción en la ciencia y la tecnología mexicanas: *La Ciencia en la Historia de México*, de Eli de Gortari; y, los cinco tomos de la *Historia de la Ciencia en México*, de Elías Trabulse¹. Sobre Astronomía en México, sólo se ha escrito dos libros; a saber, *Historia de la Astronomía en México*, compilado por Marco Moreno, y de carácter más bien divulgativo y algunos de cuyos artículos parten de la propia experiencia de quienes lo escriben; y, *La modernización de la Ciencia en México. El caso de los astrónomos*, de Jorge Bartolucci², desde una perspectiva sociológica y cuyas fuentes primarias son documentos del siglo XX. Hay 14 años de separación entre uno y otro. Nuestro trabajo, a tres años del último, pretende llenar un hueco: se trata de un estudio monográfico todavía, pero utilizando como fuentes primarias, los *Anuarios* y *Boletines* del mismo Observatorio que editó la Secretaría de Fomento, junto con algunos otros documentos de la misma dependencia gubernamental.

Este trabajo no agota el tema ni los datos; al contrario, apenas se inserta en el camino trazado por los trabajos precedentes, intentando abrir una discusión sobre la Astronomía Práctica de la época que estudiamos. Las cuestiones metodológicas de fondo las hemos dejado de lado por una sola razón: aún no contamos con la descripción suficiente del tema que nos ocupa por el desconocimiento de algunos documentos y ediciones centrales que se encontraban en la antigua biblioteca del Observatorio, ubicada en el edificio de Tacubaya, que ahora pertenece a la Comisión Nacional del Agua.

¹ Gortari, Eli (1963) y Trabulse, Elías (1985).

² Moreno Corral, M. A. (1985); y, Bartolucci, J. (2000).

La gestación del Observatorio Astronómico Nacional

El reciente artículo de Ruiz de Esparza³ nos muestra una gama de acontecimientos que vale la pena rescatar porque sustentan las ideas que hemos querido mostrar en este trabajo. En 1822, Simón Tadeo Ortiz Ayala indicó la necesidad de instalar un observatorio en el cerro de Chapultepec.⁴ Al parecer esta es la primera referencia de la que tenemos noticia; sin embargo, las fuentes no están claramente expuestas en los trabajos consultados. Después, Francisco Maldonado, un cura del obispado de Guadalajara, propuso la creación de tres observatorios, uno de los cuales debía ubicarse en la Ciudad de México; que deberían de estar coordinados para publicar las observaciones meteorológicas y astronómicas en un almanaque; además de coordinar los estudios sobre astronomía a nivel preuniversitario⁵. Proyecto de gran visión, pero que al parecer no tuvo eco en los planes inmediatos del gobierno; ni era una tarea fácil si consideramos que para el momento, todos los posibles datos acumulados debían de estar diseminados en curatos, en diversas dependencias del gobierno, compañías mineras, y probablemente en observatorios privados.⁶

Para Ruiz de Esparza, Lucas Alamán fue el gran impulsor de la Astronomía que dejó asentado en un informe la creación del Instituto Nacional de Geografía y Estadística que tenía objetivo principal formar el Atlas General de la República; se entiende que atrás de este proyecto estaba la recopilación de datos estadísticos sobre recursos naturales, población, información geográfica, etc. Para lograr su cometido debía de utilizar a la Astronomía para obtener la información que requería. Así fue como en mayo de 1833 nació el Instituto Nacional de Geografía y Estadística.⁷

Hacia mediados del año de 1840, el Colegio de Minería logró instalar un pequeño observatorio⁸ que también era aprovechado por los alumnos y profesores del Colegio Militar; mismo que ordenó la instalación de un telescopio en el Torreón del Caballero, tan pronto cambió su domicilio en el Castillo de Chapultepec, en 1842. Era una época turbia que pasaría a la historia por violenta y dolorosa para nuestro país. Ya desde finales del siglo XVIII, el istmo de Tehuantepec había sido objeto de reconocimientos

³ Ruiz de Esparza, J. [2003].

⁴ Ídem, p. 57.

⁵ Ídem, p. 54.

⁶ Ídem, p.56.

⁷ Ver, Mayer, L. [1999], p. 81-99.

⁸ Ruiz de Esparza, J. [2003], p.57.

geográficos por su importancia mercantil. A nuestro entender, la cuestión de la delimitación fronteriza entre Estados Unidos de América y México, se había vuelto prioridad nacional. La anexión de Texas (1836), y posteriormente el avance de los intervencionistas norteamericanos en nuestro territorio (1845), habían sido sucesos tan rápidos que poco pudieron hacer militarmente los mexicanos. En la década de los 1840's no cabía la menor duda de la necesidad de instalar un observatorio fijo que sirviera para determinar geográficamente los puntos de la nueva frontera era central en cualquier plan de gobierno. En 1847, el observatorio del Castillo fue destruido por el bombardeo norteamericano. Si estos datos son fidedignos, es legítimo preguntarnos sobre las observaciones astronómicas que en cinco años (1842-1847), pudieron realizarse. Y aún más, el Tratado de Gadsden (1855) sirvió de catalizador para crear comisiones que concluyeron la determinación geográfica de nuestra frontera norte.⁹ Hacia 1856, el gobierno nombró una comisión a cargo del ministro de Fomento, Manuel Siliceo, y Francisco Díaz Covarrubias, en la sección de Astronomía y Geodesia. Desde este momento, el nombre de Francisco Díaz Covarrubias sería una referencia obligada a todos los aspectos que tienen que ver con la astronomía en México.¹⁰ De junio de 1856 a los primeros meses de 1861, trabajó para la formación del mapa geográfico del Valle de México. Parece que el resto del año y hasta el siguiente, estuvo en Estados Unidos visitando observatorios y comprando instrumentos.¹¹ Para ese entonces, la fama y prestigio que había alcanzado era espectacular; ya había publicado varias obras de consulta obligada para los interesados en el tema. Los primeros meses de 1863 fue apoyado por el gobierno para crear el entonces llamado Observatorio Nacional. Dice Díaz Covarrubias:

La cantidad considerable de observaciones que conservo inéditas en mi poder, ejecutadas en tan poco tiempo, demuestran lo que puede esperarse, á causa de la bondad de nuestro cielo, de un trabajo ya organizado y constante, siendo de advertir que no contaba yo mas que con un ayudante (Agustín Barroso), pues las circunstancias del momento no permitieron poner todo el personal necesario, y yo mismo tuve que consagrarme al trabajo como simple observador.¹²

No cabe duda de que existía un programa bien definido de investigación, a pesar de no contar con un documento que nos lo indique con

⁹ Sobre este tema hablaremos ampliamente en el capítulo 4.

¹⁰ Para mayores detalles, ver Piña, E.; y Dagdug, L., p.293-302.

¹¹ Ruiz de Esparza, J . [2003], p. 58; Diaz Covarrubias, F., [1867], p. VIII.

¹² Díaz Covarrubias, F. [1867], p. VIII. Se conserva la grafía original en todas las citas.

amplitud.¹³ Las actividades quedaron interrumpidas cuando las tropas francesas llegaron a la Ciudad de México hacia mayo de ese mismo año. Contamos, no obstante, con una cita de Joaquín Gallo, que retoma Bartolucci:

Allá por 1860 fue instalado un pequeño antejo de pasos en la azotea del Palacio Nacional, que no tenía más objeto que la determinación de la hora y cuando las fuerzas invasoras se aproximaban a la capital, fue desmontado y reinstalado en 1867 al cimentarse el Gobierno de Nuestro patricio D. Benito Juárez y allá en la azotea de Palacio se fundó el primer Observatorio Astronómico, si puede dársele ese nombre, pues no tenía más programa que el que he mencionado, sin embargo, en él trabajó aquel sabio que dejó el nombre de México tan bien puesto en la Tierra de los crisantemos y del Sol, cuando el tránsito de Venus en 1874, me refiero al inolvidable maestro Francisco Díaz Covarrubias, quien por azares de la política abandonó el campo de la astronomía en el que había cosechado triunfos, para dedicarse a otras actividades¹⁴

De ser cierta esta aseveración de Joaquín Gallo, estamos frente a un problema de información; ya que no contamos con más información que la de Chapultepec. Desde aquellos años, los acontecimientos relacionados a la Astronomía serían puntuales y sin contar con un observatorio fijo.¹⁵ El establecimiento del gobierno liberal desde 1867 promovió una Comisión encabezada por Francisco Díaz Covarrubias, en 1874; junto con Francisco Jiménez, Manuel Fernández Leal, Agustín Barroso y Francisco Bulnes, viajarían a Japón para observar el paso de Venus por el disco Solar

No es nuestra pretensión hacer un análisis exhaustivo sobre el liberalismo y la ciencia en México; sino más bien, es tratar de respondernos si el liberalismo determinó la creación del Observatorio Astronómico Nacional.

Podemos rastrear el nombre de varios personajes involucrados en la creación del Observatorio Astronómico Nacional. Hacia mayo de 1863, la Secretaría de Fomento presenta una posición anómala, ya que hay dos dependencias con el mismo nombre; una, en Paso del Norte (hoy Ciudad Juárez), y otra, en la Ciudad de México. En ésta, Salazar Ilarregui, quien había formado parte del equipo que delimitó la frontera Norte, fue nombrado

¹³ Se pueden rastrear algunas actividades en este periodo, ver p. e., las observaciones del 27 de marzo de 1863, en Díaz Covarrubias, F. . [1867], p. 232-234.

¹⁴ Bartolucci, J. [2000], p. 56.

¹⁵ Se dice que hubo un pequeño observatorio en la Escuela de Minas instalado por orden de Maximiliano; ver Díaz Covarrubias, F. [1867], p. XIX.

subsecretario del Despacho de Fomento el 27 de junio de 1863, puesto que administró hasta el 31 de julio de 1864. Posteriormente, el 26 de julio de 1866, Salazar Ilarregui quedó a la cabeza de Gobernación, secretaría que a su vez tuvo a su cargo, Fomento.¹⁶ Francisco Jiménez, quien peleó y fue hecho prisionero en la guerra de intervención norteamericana, estuvo en el equipo de García Conde que delimitó la frontera norte en la Comisión de Límites. Hacia el 30 de noviembre de 1865 fue subsecretario interino de Fomento, en sustitución de Orozco y Berra cuando fue nombrado Consejero de Estado.¹⁷ Jiménez habría de ser el primer director del Observatorio Astronómico Central, establecido en el Palacio Nacional.

Por otro lado, de diciembre de 1861 a mayo de 1863, el Ministerio de Justicia estaba encabezado por Jesús Terán, quien fuera gran amigo de Francisco Díaz Covarrubias.¹⁸ Sin embargo, Fomento quedó fusionada bajo la misma dirección de Terán hasta julio de 1863; para estas fechas en San Luis Potosí, ya estaban bajo la dirección de Ramón I. Alcaraz; y para septiembre, José maría Iglesias, quien continúa con el mismo cargo en Chihuahua (1865), Nuevo León y Paso del Norte (1866), hasta que en Julio de 1867 es nombrado como Ministro, Blas Balcárcel; y a los tres días, como Oficial Mayor, Francisco Díaz Covarrubias. A finales de agosto de 1876, Balcárcel renuncia y toma su cargo Antonino Tagle, hasta que el gobierno emanado del Plan de Tuxtepec, hacia noviembre de ese mismo año, lo sustituye por Vicente Riva Palacio y en cuya Oficialía Mayor quedó a cargo, Ignacio M. Altamirano.

Hacia agosto de 1869, Francisco Díaz Covarrubias había organizado la observación del eclipse parcial de Sol, y uno de sus invitados era Ángel Anguiano, un recién egresado como Ingeniero Civil y Arquitecto de la Academia de San Carlos. De aquella amistad, habría de emerger toda una tradición en la Astronomía en México.¹⁹ Altamirano había conocido a Anguiano en una sesión de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, y cuando estuvo como Oficial Mayor lo invitó a presentar un proyecto para la construcción de lo que ya sería el Observatorio Astronómico Nacional.²⁰

Ahora bien, podemos afirmar que el Liberalismo fue central en la creación de estos proyectos; de hecho, el primer gobierno de Díaz fue

¹⁶ Ver Maza, Francisco [1877], *Reseña para los ministros y oficiales mayores que ha habido en el Ministerio de Fomento desde su creación hasta la fecha*, en *Anales del Ministerio de Fomento...*, Tomo I, p. 383.

¹⁷ Ídem.

¹⁸ Ver las referencias que él mismo hace a lo largo de toda la introducción; Díaz Covarrubias, F. [1867]

¹⁹ ver León, L. [1911], p. 19.

²⁰ Ídem, p. 18; y, ver todo el subcapítulo 2.3.

manifiestamente liberal. Sin embargo, la idea de integración territorial estaba en el aire. Con todas las intervenciones extranjeras no era para menos. Sin embargo, hagamos la distinción entre dos posibles acepciones del término Ciencia que se puede leer a lo largo de todos los textos de nuestros personajes; a saber, cuando decimos que la ciencia tiene una dimensión ideológica, no es porque la ciencia la tenga en sí, sino, porque el abuso del término ha llegado a esa reducción; de tal manera que, a) en el gobierno de Díaz , la administración pública se identifica con la ciencia; y por otro lado, b) la ciencia (la meditación teórica sobre los fenómenos naturales) es utilizada en el discurso político como una jerarquía de valor insuperable, en la medida que representa el progreso, la civilización, etc. De la primera leemos a Vicente Riva Palacio:

Un pueblo en tanto es más próspero y feliz, en cuanto que mejor obedece á la ley suprema por la cual se verifica su perfeccionamiento; y puesto que él no tiene solo necesidades físicas y materiales, sino también morales, el Gobierno que acude solícito á la satisfacción de las primeras, está igualmente obligado á realizar á las segundas. Cada época, según el adelantamiento, ó grado de cultura que causa una nación, tiene sus exigencias propias. Lo es, y muy marcada en la nuestra, la aspiración a ponerse al nivel de los pueblos europeos en lo que respecta á la ilustración científica.²¹

Esas necesidades morales, las cumple sólo la administración pública que está rigurosamente determinada por los avances políticos alcanzados en Occidente; y su legitimidad, reside en el perfeccionamiento en tanto sea científica la administración. Mientras que de la segunda se encuentra explícita en esta cita:

... es indudable que los gobiernos están en el imprescindible deber de contribuir á la evolución científica de las sociedades, procurando seguir paralelamente á los pueblos más cultos. No se debe dejar al solo esfuerzo de los individuos al desarrollo de la actividad humana, puesto que los gobiernos, por la suma de los recursos de que disponen, por sus relaciones, y por otras causas que sería ocioso enumerar, se hallan en mejor aptitud que los particulares, toda vez que se intenta introducir en un país las conquistas hechas por otros en la esfera de la ciencia; y tienen también la ineludible obligación de no permanecer estacionarios, mucho más cuando se notan en la nación marcadas tendencias al progreso.²²

²¹ Ver referencia extensa al final del trabajo, *Anales del ministerio de Fomento...*(1877), p. 7-8.

²² *idem*.

El seguimiento, la emulación, es una tradición de viejo cuño en la historia de México. Lo vemos en los gobiernos anteriores al régimen de Díaz, tanto como en los primeros momentos inmediatos al triunfo de la lucha de emancipación. La paz como condición previa al progreso, supuesta como columna vertebral de su política.

Ahora bien, las convulsiones políticas que México había vivido desde la Independencia, habían dejado una secuela de cambios bruscos y repentinos en las secretarías de Estado. Tal es el caso de una de las más importantes: La Secretaría de Fomento. Era tan difícil seguirle la pista a las publicaciones que de ella emanan, que fue necesario la información del archivista Francisco Maza para aclarar fechas, nombres y publicaciones²³. Con 23 años de existencia, el ministerio de Fomento hubo 25 ministros, 7 oficiales mayores; y publicó 9 anales y 5 memorias. La memoria que publicó el ministerio del año en que estuvo a cargo Vicente Riva Palacio (de noviembre de 1876 a diciembre de 1877), consta de 14 capítulos y contiene algunas notas que nos parecen importantes incluir, porque nos deja entrever la fuerte carga ideológica que mantenía los ideales del nuevo gobierno de Porfirio Díaz.

Pero las condiciones del país eran aún más graves. Como ya lo hace notar Riva Palacio, el territorio es extenso y despoblado. Todavía para el último tercio del siglo XIX, no se tiene un conocimiento medianamente preciso del mismo, ni en su geografía, ni en su población, ni en su diversidad, etc. Sin embargo, existe el empeño en conocerlo. La polarización de las dos grandes corrientes que se debatían el proyecto de nación después de la Independencia, la liberal y la conservadora, habían llevado en sí mismas su propio destino: la coerción que solo un presidente fuerte podía lograr para las características de este país. Así, la dictadura de Díaz había sido la consecuencia natural de estas fuerzas antagónicas. Para ello, había que integrar el territorio y someterlo por cualquier medio, sin importar el precio de esta acción. Ya podemos advertir la importancia que se le dio a la cartografía, a la geografía, y a las disciplinas que están involucradas directa o indirectamente.

Hasta ese momento el esfuerzo solo había sido de particulares, no del gobierno. El encargado de Cartografía del nuevo gobierno al triunfo del Plan de Tuxtepec, Agustín Díaz, dice:

²³ Maza, F. (1877), *Reseña para los ministros y oficiales mayores que ha habido en el Ministerio de Fomento desde su creación a la fecha*, en *Anales del Ministerio de Fomento...*, tomo I (1877), p. 379-385.

Para que los ingenieros y auxiliares de este cuerpo (militar) adquiriesen la práctica especial que demanda la formación de cartas, así como el estudio militar del país, y cuya educación previa ahorra grandes sumas y abrevia considerablemente tiempo de ejecución, fue propuesto también, que antes de despachar las comisiones á su destino, recibiesen dicha práctica en la misma oficina de Cartografía, en el Observatorio Astronómico Central, establecido en el Palacio de Gobierno, y sobre el terreno mismo, todo bajo la dirección de los profesores encargados de aquellos departamentos.²⁴

Como producto de las condiciones políticas nacionales e internacionales, era prioritario crear los observatorios que emprendieran las medidas mínimas para el conocimiento del país a nivel material, por lo menos. La expansión norteamericana, la incursión de científicos y ejército franceses por todo el territorio, la infinidad de pequeños cacicazgos diseminados por todo el país, la carga ideológica de quienes habían alcanzado el poder, y la necesidad de conservar lo más posible lo que quedaba de territorio, obligaron al nuevo gobierno de Díaz a crear las instituciones que se encargarían de todas las cuestiones técnicas que requería el momento. Dice Riva Palacio:

Los estudios físicos han adquirido en el mundo un desarrollo prodigioso durante los últimos años, sin duda porque las acciones del hombre propenden en nuestro siglo á buscar, ante todo, resultados prácticos. México no había tomado parte en ese movimiento de la manera que le correspondía, si se atiende el interés con que ha visto siempre cuanto signifique un progreso ó una conquista. Era, pues, preciso llenar el vacío que se notaba en lo que respecta á los estudios físicos; abrir nuevos horizontes á la juventud amante del saber; cooperar en el desenvolvimiento de ciertas aptitudes, y dar impulso á los esfuerzos particulares uniendo á ellos los esfuerzos del Gobierno. (...) Tal fue la mira que determinó la fundación de los Observatorios. (...) Ellos, á pesar de que se han hecho los gastos más precisos, por no gravar el Erario, reúnen las condiciones indispensables, y sin temor pueden presentarse los trabajos ejecutados á cualquier pueblo en donde una larga práctica hubiese hecho ya sentir su bienhechora influencia.²⁵

El impulso que Riva Palacio dio a las instituciones de carácter científico y tecnológico sólo no tuvo precedente. Al menos hasta la tercera o cuarta década del siglo XX, no se vislumbra una política que las tome seriamente.

²⁴ *ibidem*, 477.

²⁵ *ídem*, p. 483-485.

Todo gobierno legitima su llegada al poder por medio de una ideología, pero también conoce sus necesidades materiales mínimas para mantenerse. Nos encontramos frente a un régimen que creó instituciones y fomentó la publicación de trabajos realizados en ellas, a la altura de las más reconocidas de la época, sobre todo en Europa.

El objetivo principal de este trabajo es realizar un primer acercamiento descriptivo de este proceso de institucionalización a partir de los hechos precedentes; identificando a un nivel material, los personajes, los espacios físicos y los instrumentos y aparatos con los que trabajaban; y por otro lado, identificando los trabajos fotográficos y geográficos que ocuparon su atención. Para lograrlo, dispusimos una primera parte que da cuenta de los espacios creados para el desarrollo de la Astronomía (el Observatorio Astronómico Nacional, instalado en el Castillo de Chapultepec; y, el establecido en Tacubaya); además de los instrumentos principales que se utilizaron. El Observatorio Astronómico Central, instalado en el Palacio Nacional y dirigido por Francisco Jiménez, lo hemos insertado, metodológicamente, en el capítulo 4, porque pertenece a una tradición que le corresponde a la Geografía y a la Astronomía Práctica, no a la teórica. Es así como en la segunda parte, tratamos de ofrecer evidencias para subrayar que los esfuerzos teóricos y prácticos enfocados a los trabajos fotográficos estaban centrados en la pretensión de hacer Ciencia Astronómica al mismo nivel que en los observatorios europeos y norteamericanos más conocidos de la época. Esto es, hay una idea de engranarse a las potencias occidentales. Por otro lado, el conjunto de los trabajos geográficos nos muestran que fueron el centro que le dio razón de ser al Observatorio Astronómico; al menos en el periodo que estudiamos, de 1877 a 1899, que corresponde a la dirección de Ángel Anguiano. Se trata de dos tradiciones distintas: una *ideológica* (capítulo 3) que pretende insertarse en la “civilización” desde la periferia mexicana, tal como lo describimos en los últimos párrafos; y la otra *estratégica* (capítulo 4), que da respuesta a las necesidades reales e inmediatas de la integración territorial en los tiempos y en las condiciones que disponía el gobierno; y entre las dos tradiciones se desarrolló la Astronomía en México.

PARTE 1

Capítulo 1. Los telescopios

- 1.0 Objetivo, p. 14
- 1.1 Breve historia de los telescopios, p. 14
- 1.2 La construcción de los refractores en el siglo XIX, p. 18
- 1.3 Las instalaciones y los instrumentos, p. 24
- 1.4 Comisión Especial Astronómica, p. 31
- 1.5 Conclusión, p. 34
- Anexo 1. Instrumentos comprados para Chapultepec, p. 35
- Anexo 2. Lista aprobada para la compra de instrumentos, p. 36

Capítulo 2. Los observatorios

- 2.0 Objetivo, p. 38
- 2.1 Observatorios astronómicos en Latinoamérica, p. 38
- 2.2 La visita a los observatorios europeos, p. 41
- 2.3 La propuesta: OAN en Chapultepec, p. 49
- 2.4 La respuesta: OAN en Tacubaya, p. 52
- 2.5 Conclusiones, p. 57

CAPÍTULO 1. LOS INSTRUMENTOS

1.0. Resumen

En este capítulo pretendemos dar una visión en conjunto del desarrollo alcanzado por los telescopios desde su invención hasta la carrera tecnológica que se establece a partir de su utilidad. En la segunda sección, hacemos hincapié en este desarrollo en el siglo XIX. En la tercera, entramos de lleno con los materiales del observatorio de Tacubaya. Nos centramos en dos instrumentos principales: el Ecuatorial y el Círculo Meridiano. Finalmente, reseñamos brevemente qué fue la Comisión Especial Astronómica y los resultados que obtuvieron. Anexamos, dos listas de instrumentos; una correspondiente a lo que originalmente pedía Anguiano; la otra, lo que fue posible conseguir.

1.1. Breve historia de los telescopios

Sabemos que desde la antigüedad el aumento visual en el tamaño que producía una gota de agua líquida, o sólida como el hielo, podía servir como una lente simple. Ya en el siglo XIII era posible encontrar lentes convexas a manera de anteojos. De hecho se les conocía con el nombre de “spectaculum” para una lente simple; “cristal”, “instrumento”, “tronco”, “cilindro de perspectiva”; y en latín, “organum”, “instrumentum” y “perpicillum,”; y en italiano, “ochiale”. Para el siglo XVII había un comercio claramente establecido para estos objetos. Un documento de 1608 parece localizar a uno de los primeros en investigar y construir anteojos y binoculares en Holanda. La difusión del telescopio se dio rápidamente gracias al comercio que sostenían los países bajos en ese momento por toda Europa. Tal parece que Galileo mejoró por aquellos años el instrumento y su resultado le valió la cátedra de matemáticas en la Universidad de Padua; de tal suerte que para 1610, su poder amplificador era de 20 a 30 veces. Muy pronto, La Haya se volvió el epicentro de difusión no sólo del conocimiento de los telescopios, sino de algunos estudios sobre la Luna y los satélites de Júpiter, aún antes que Galileo.

En las primeras décadas del siglo XVII la disputa por la explicación de los fenómenos se daba entre la teoría aristotélica y la copernicana; esta última defendida por Galileo. Hasta ese momento, no había gran relevancia entre los resultados que daba la observación por medio del telescopio; sin embargo, el hecho de que Júpiter tuviese satélites planteaba el problema de que había otros

centros de rotación aparte de la Tierra. Por otro lado, Galileo ya había deslumbrado el anillo de satélites de Saturno, aunque pasaron 40 años para su observación precisa; además con el modelo copernicano se podían explicar todas las fases de Venus, como lo hacía el aristotélico. Poco a poco convenció a los jesuitas de sus ideas hasta que empezó a enredarse en el famoso problema teológico que le costó muchos años de hostigamiento. Éste comienza desde que uno de los experimentos que estudió a partir de sus recientes descubrimientos observacionales fue la determinación de la longitud terrestre desde el mar por medio de los conocimientos de los satélites de Júpiter, como reloj universal²⁶. El proceso termina con la publicación de *Diálogo concerniente a los principales sistemas del mundo*, en 1632; y para entonces tuvo que comparecer ante la Inquisición, y finalmente se le condenó al arresto domiciliario. Mientras esto pasaba en Europa, el contrabando de catalejos en América se incrementaba; sin embargo, no existe una sistematización, o institucionalización que permita crear tradiciones astronómicas por medio de esas adquisiciones²⁷.

Hemos visto que Júpiter y sus satélites juegan un papel muy importante para las mediciones terrestres. En 1610, Thomas Harriot que había estudiado la Luna desde un año antes, se había trazado un programa de observación según el cual, estableció periodos siderales de los cuatro satélites de Júpiter, comparando sus datos con los de Galileo. En 1656, Gioanbattista Odierna escribió un libro donde continuaba y mejoraba sus observaciones y los cálculos de Galileo y Harriot. A mediados del siglo XVII se vio la necesidad de hacer modificaciones a los telescopios ya que, tanto las fases de Mercurio, estudiadas por el jesuita Iones Zupo en 1639, como las de Marte no podían ser distinguidas. En Italia empezaban a aparecer los fabricantes de telescopios; sin embargo, alrededor de 1664 Gian Doménico Cassini obtuvo los mejores telescopios de la época. Con ellos registró una mancha en Júpiter que no se había observado nunca; al cabo de unos días, observó otras, creyendo que se trataba de volcanes. Con los datos reunidos elaboró las mejores efemérides de la época. El sistema de satélites, conocido como “reloj universal”, consistía en observar el primer satélite cuando entrara o saliera de la sombra del planeta. Galileo había recomendado el uso de su propio instrumento, el *jovilabium*, tiempo antes; pero en 1693 Cassini había logrado una precisión de menos de un minuto de tiempo; esto es, se podían obtener longitudes de menos de 15 minutos de arco. Este método siguió aplicándose hasta el siglo XVIII; y

²⁶ Este tema lo trataremos con mayor profundidad en el capítulo 4. Baste pensar por el momento que se volvió central y determinante para la emergencia de los observatorios, no sólo en México, sino en Europa.

²⁷ Ver Sluiter, E. (1997).

significó, a su vez, tomar en cuenta la velocidad de la luz, que Roemer midió en base a estos satélites, en 1670. En la segunda mitad del siglo XVII, se descubrieron satélites en Saturno; además de que se logró visualizar nítidamente el anillo del planeta.

Hasta ese momento se había utilizado telescopios refractores que ya habían alcanzado su máxima potencia. El color que surgía al refractarse la luz no se podía evitar con la combinación de varias lentes. En las primeras décadas del siglo XVII, se fabricaron las primeras combinaciones con cristales acromáticos que resolvieron este problema; sin embargo, fue a mitad de este que se empezó a estudiar teóricamente la explicación más acabada sobre las combinaciones de lentes y cristales. Se trataba de hallar una combinación tal de lentes que lograra la mayor amplificación sin distorsiones, ni coloración de ningún tipo. Esto daba por resultado telescopios sumamente largos como el de Huygens, de 37 m. y el de Hevelius, de 46 m. Clairaut había logrado simplificar el sistema para mediados del siglo XVII; sin embargo, pronto se vio la necesidad de construir telescopios con mayor apertura.

En 1663, James Gregory diseñó el telescopio reflector, que consistía en un espejo cóncavo que reflejaba los rayos de luz hacia un espejo secundario cóncavo fuera de su punto focal, de donde se volvía a reflejar hacia un agujero en el centro del espejo principal, llegando finalmente al observador. En 1668 Newton mejoró el diseño de Gregory poniendo un espejo plano en lugar del espejo cóncavo secundario; de tal manera, que el espejo plano reflejaría la imagen directamente hacia el observador, a un lado del tubo. La *Royal Society* fomentó la fabricación y los estudios sobre el perfeccionamiento de los telescopios, al grado que Londres se convirtió en el centro de su comercio. Un fabricante de telescopios, James Short (1710-1768), construyó más de 1370 reflectores de hasta 3.6 metros de longitud focal. Para finales del siglo XVIII, Herschel utilizó un reflector enorme por el que había que ver la imagen captada por el espejo cóncavo, justo en el borde del extremo abierto del tubo. Lo cual eliminaba reflexiones intermedias. Aunque se perdía el interés por dichos telescopios, los logros de Herschel justificaban su uso todavía por un tiempo considerable.

Para mediados del siglo XVII, el diámetro de los planetas se convirtió en otra línea de investigación. Gassendi había estimado en 20" de arco el diámetro angular de Mercurio en su tránsito por el disco solar en 1631. Tanto Gassendi, como J. Horrocks mejoraron los datos que Kepler había dejado de sus observaciones. En el caso de Horrocks estimó el diámetro angular de

Venus de 76", que obtuvo proyectando la imagen del Sol en una pantalla blanca, en el tránsito de este planeta por el disco solar en 1639. Por aquellos años se implementó un micrómetro al telescopio para medir los diámetros. Para la década de los 60's del siglo XVII, se habían medido casi todos los diámetros angulares de los planetas, salvo el de la Tierra, cuyo tamaño se creía entre el de Marte y Venus. Esto implicaba conocer otros parámetros; a saber el diámetro angular del Sol, que antes de Kepler se estimaba de 180" y que éste daba un valor de 60", mientras que ahora se sugiere el de 8.2"; por otro lado, la distancia de la Tierra al Sol estaba calculada en 25,086 radios terrestres.

De esta manera la astronomía se había propuesto la tarea de determinar la escala; esto es, las distancias y tamaños planetarios de todo el sistema, por un lado; y por otro, la distancia del Sol, esto es, su paralaje. Dice Danjon que del telescopio de Newton al de Mont Wilson, "se trata de una cuestión meramente técnica: los perfeccionamientos se siguieron del progreso de la industria, pero no hay que olvidar que hacia fines del siglo XVIII William Herschel, a pesar de las dificultades materiales considerables, había dado al telescopio de espejo una potencia comparable como la que se usa en nuestros días. Los trabajos de sus sucesores han tendido principalmente a hacer al instrumento más manipulable"²⁸. El telescopio no tuvo cambios significativos durante el siglo XVIII, porque los esfuerzos de la astronomía estaban enfocados a lo que se había convertido en un hito: la publicación de los *Principia Mathematica* de Newton, en 1687. A partir de entonces y hasta las primeras décadas del siglo XIX, la escuela francesa de matemáticos, Laplace, Maupertuis, Lagrange, D'Alembert, Clairaut y Poisson, además del alemán Euler, habían centrado su atención en la resolución de problemas teóricos concernientes a los parámetros relacionados con el sistema solar. Hacia mediados del siglo XIX, se vio la necesidad de alimentar la teoría con datos cada vez más precisos. De ahí que en nuestra narración haya un salto tan brusco en la cronología. En suma, la astronomía de posición había nacido a partir de estas inquietudes y no dejó de seguir indagando sobre los parámetros necesarios para completar dicha tarea hasta el siglo XIX, que particularmente nos concierne, porque el Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya estuvo involucrado en el registro meticuloso y cotidiano de estos datos. En la década de los 60's del siglo XIX, la idea de evolución de Darwin vendría a transformar toda la concepción de las ciencias: de la minuciosa recolección de

²⁸ Ver Danjon (1983), p.677

datos y su continua precisión, hacia una visión global de la especie humana y su medio, no sólo a nivel biológico, sino a nivel social.

1.2. La construcción de los refractores en el siglo XIX

En el siglo XIX la construcción de los telescopios en general ya no representaba un problema científico, como lo era en sus inicios, sino más bien se había convertido en un problema tecnológico. Y para la segunda mitad de este mismo siglo, los astrónomos tenían que decidirse entre telescopios refractores, o reflectores como las dos únicas opciones dependiendo del plan de trabajo que se hubiesen propuesto. El telescopio refractor era preferido para los trabajos de precisión; mientras que el reflector tenía mayor apertura, lo que favorecía el descubrimiento de objetos nuevos; pero también se acoplaba mejor con los aparatos de la espectroscopía y fotografía.

El refractor tenía la gran desventaja de que sus lentes producían aberración cromática, además de su limitada apertura y alto costo; mientras que los reflectores, al tener una sola superficie reflejante, son más fáciles de delinear; pero a su vez, la mayor desventaja era que esa única superficie de cobre se empañaba fácilmente con el tiempo; así que era necesario estarlo puliendo frecuentemente. Hasta que los espejos se fabricaron de plata se pudo eliminar este problema.

Para los refractores era necesario que los lentes tuvieran el tamaño adecuado, libre de impurezas y homogéneos para los requerimientos ópticos. Para eliminar las burbujas dentro del vidrio, P. L. Guinand (1748-1824) había implementado un nuevo método en el Instituto de Óptica de Munich, donde se lo enseñó a J. Fraunhofer, quien, a su vez, heredó el secreto a G. Merz y F. J. Mahler. Ya para fines de la década de los 60's el proceso era muy conocido en el medio. Bontemps había comprado el secreto industrial al hijo de Guinand hacia 1828; sin embargo, hasta 1868 publicó el método para producir vidrios ópticos. Durante la segunda mitad del siglo XIX quien producía prácticamente todos los objetivos para los grandes refractores era el nieto de Guinand, C. Fiel, quien había hecho tradición en la producción de vidrios con su familia en Francia.

El proceso de Guinand había resuelto el problema de la homogenización en los vidrios; sin embargo, habían quedado pendientes los tamaños variables disponibles, tanto como el control de sus propiedades ópticas. Los prismas Crown y Flint producían un espectro desproporcionado. Para evitar la

aberración cromática, dentro de una parte del espectro, podían combinarse los dos prismas acoplados. Esto se conocía como el “espectro secundario”. Resuelto el problema, la pregunta prioritaria era indagar sobre la posibilidad de crear nuevos vidrios con mejores propiedades ópticas, a partir de la composición química.

Hacia la segunda década, la *Royal Society* convocó a grandes científicos como Faraday, Herschel y Dolland para resolver este problema, sin éxito alguno. Los experimentos y las pruebas últimas fracasaron. Hacia 1846, Carl Zeiss (1816-88) abrió una tienda especializada en microscopios, pero ahora le quería dar un sesgo más teórico a lo que había ganado experimentalmente. La empresa de Zeiss había incorporado a E. Abbe (1840-1905) con quien había crecido enormemente tras las implementaciones que éste había hecho al microscopio. Sin embargo, los vidrios disponibles contenían propiedades ópticas que limitaban sus diseños. A finales de la década de los 70's, Abbe inició negociaciones con F. O. Schott (1851-1935) hasta 1884, Zeiss, Abbe y Schott fundaron una empresa que proveía de vidrios a *Zeiss Company*. Y según van Helden: “Estas dos empresas trabajando en estrecha colaboración fueron un modelo para la Industria Científica moderna del vidrio”²⁹. Al poco tiempo, tuvieron excelentes resultados al grado de que este hecho cambió la fisonomía de los microscopios y pequeños telescopios al iniciarse el siglo.

A partir del trabajo de Fraunhofer sobre las líneas espectrales, Tanto los índices de refracción como las dispersiones parciales pudieron medirse con precisión. Con éstos, era posible calcular otros parámetros de los prismas Crown y Flint, como la curvatura. A pesar de que idealmente se puede eliminar la aberración cromática en la práctica sólo se pueden minimizar sobre un rango específico del espectro, que corresponde al espacio entre la línea C y F del hidrógeno, la región más sensible del ojo humano.

Sin embargo, si el objetivo se usara con propósitos fotográficos, la corrección en el rango violeta se convertía en central, ya que la mayor sensibilidad de las placas fotográficas se encontraban en esta región. Si el telescopio se usaba tanto con propósitos visuales como fotográficos su objetivo debía estar diseñado especialmente para ambas funciones, o el instrumento necesitaría un equipo con corrector fotográfico removible. Ya para el proyecto de la *Carte du Ciel* los refractores dividieron los sistemas ópticos en visuales, o fotográficos³⁰.

²⁹ Ver van Helden, “Telescope Building”, en Gingerich (1984), p.42

³⁰ Hablaremos con más detenimiento en el capítulo 3

La minimización simultánea de varios defectos ópticos fue un problema tecnológico que se había vuelto central en todo tipo de reuniones. Después de Newton las matemáticas se habían volcado a resolver las pequeñas discrepancias entre los sistemas dinámicos del sistema solar; sin embargo, la óptica geométrica se confrontaba con los defectos en las imágenes de vidrios y lentes; así que tuvieron que ser replanteadas las resoluciones de acuerdo al propósito muy particular del telescopio. El número de defectos dependía del número de componentes del objetivo.

Los métodos matemáticos de correcciones se perfeccionaron con Gauss quien basó sus soluciones de la expansión de McLaurin que se cumplía para pequeños ángulos de incidencia. En 1855, P. L. v. Seidel extendió el trabajo de Gauss para órdenes mayores de magnitud y esto se traducía en mejoras a la definición extra-axial en telescopios fotográficos. En 1873, Abbe agregó otra condición matemática. Los constructores de vidrio, lentes y espejos tenían que escoger soluciones apropiadas de acuerdo a los nuevos planteamientos matemáticos. Dice van Helden: “Si la producción de los pequeños lentes de los objetivos y espejos se volvió una rutina y un proceso mecánico en el siglo XIX, el esmerilado y pulido de lentes y espejos grandes se convirtió en un arte”³¹. Y además señala algo que de tan obvio resulta invisible a veces: si los diámetros de lentes y espejos aumentaban, se volvía imposible trabajarlos a mano. Se necesitaba, pues, máquinas tanto de esmerilado y pulido.

Una segunda observación en la manufactura fue, que una vez que el lente tiene su forma, debía ser probado; esto podía ser, poniendo una lámpara simulando una estrella y verificar si cumplía las especificaciones. En 1858, J. B. L. Foucault introdujo una prueba para examinar la curvatura de lentes y espejos. Con este método no sólo permitió una determinación precisa de la distancia focal, sino que también mostró los más pequeños defectos en la curvatura y su localización exacta.

Howard Grubb³² había aprovechado al máximo esta manera de localizar los defectos, a tal grado que corregía expandiendo o contrayendo técnicamente las áreas erráticas, por medio de frotamiento, ya sea con su mano, o con un cepillo hasta que indicara la posición correcta. Este trabajo requería, de mucha paciencia, ya que podía tomarse hasta varias semanas para corregirse. Pero los

³¹ ídem, p.43.

³² Howard Grubb, será el constructor de los telescopios de los telescopios de Tacubaya.

resultados, no obstante, justificaban los esfuerzos; en este periodo los grandes objetivos tenían curvaturas casi perfectas.

Una tercera observación, fue el hecho de que la precisión requerida aumentaba tanto como los tamaños de las lentes, de la misma manera, aumentarían las monturas. Un telescopio que pesara toneladas debía permanecer estable, pero simultáneamente, maniobrable; y en algunos casos debían ser automáticos porque el astrónomo no podía tener las manos ocupadas. Una perturbación mínima en la montura repercutiría enormemente en los trabajos de medidas micrométricas, como las observaciones de estrellas dobles, o diámetros planetarios.³³

Antes de 1840, el refractor estaba sostenido directamente en el piso del observatorio; mientras que en 1900 todos los grandes instrumentos estaban montados sobre pilares hundidos en una plancha de roca e independiente del piso del observatorio. Aún así, a veces eran detectadas vibraciones producidas por vehículos.

La idea de hacer uno de los ejes de rotación del instrumento al eje de la tierra, fue uno de los mecanismos de manejo más apropiado para la fotografía celeste. Las dos formas básicas de monturas ecuatoriales era la “inglesa” en la que el eje polar estaba apoyado arriba y abajo; mientras que el tipo “alemán”, popularizado por Fraunhofer, tenía el eje polar apoyado solo por abajo.

Un tipo particular del “inglés”, el de “Y”, se empezó a utilizar en este periodo. En esta montura el eje polar termina en una “Y” en la que el tubo del telescopio se monta en el eje de declinación. Solo para telescopios reflectores, con espejo pesado hasta abajo del tubo, era lo más práctico.

El refractor ecuatorial de 38cm, como el del Observatorio de Tacubaya, instalado en el recién fundado Observatorio de Pulkova en 1839, fue el más grande del mundo hasta 1847, cuando en Harvard adquirieron otro igual, por el mismo constructor, Merz & Mahler.

Alvan Clark (1804-87) aprendió a esmerilar lentes en los ratos libres que le dejaba la pintura, hasta que finalmente se decidió a ser constructor de telescopios. Estudió estrellas dobles con sus propios instrumentos, llamando la atención de W. R. Dawes en Inglaterra quien le compró varios objetivos, uno

³³ La perfección que alcanzó el Observatorio de Ginebra, según Anguiano, fue insólita; ver capítulo 2.

de los cuales fue usado entre 1860 y 1869 por William Huggins para sus trabajos de espectroscopia.

En 1859, se le pidió que construyera un refractor con una apertura de 48cm. para la *Universidad de Mississippi*, cuando él sólo había fabricado con apertura de 20cm. Después de examinar detenidamente el objetivo del refractor de Harvard pudo notar las imperfecciones, ofreciendo construirlo sólo un poco más grande y garantizando que si quedaba mal, lo donaría a la Universidad. Sin embargo, las autoridades se pusieron renuentes porque querían el refractor más grande del mundo. Fue entonces cuando Clark aceptó hacerlo con una apertura de 47cm., lo que representaba un 50% de mayor poder amplificador que el de Harvard.

Clark adquirió unos discos Crown y Flint de los hermanos Chance, cuyos trabajos habían conocido en la exhibición de París de 1855. Los discos llegaron hasta finales de 1861, y a principios del siguiente año, ya había terminado de darles forma y pulido. Cuando su hijo Alvan Graham Clark (1832-97) estaba probando un objetivo el 31 de enero de 1862, descubrió la estrella compañera de Sirio, predicha por Bessel. Desafortunadamente, la guerra civil había irrumpido en 1862 en la Universidad, y ya no se le pudo seguir financiando el trabajo. Sin embargo, la *Chicago Astronomical Society* lo financió para terminar el proyecto. Finalmente, Clark lo instaló en la *Universidad de Chicago* en 1866. En 1889 el refractor se mudó a la *Universidad de Northwestern* en Evanston.

R. S. Newall persuadió a Thomas Cooke (1807-68) para que le construyera un telescopio. Era considerado uno de los constructores más finos en Inglaterra, especialista en refractores hasta de 25cm. de apertura. Sin embargo, el de 62cm. de apertura le tomó 7 años hasta que en 1871 lo terminó. El telescopio se tuvo que mudar al Observatorio de Física Solar en Cambridge en 1890.

De 1868 a 1870, Simon Newcomb, de la *U.S. Naval Observatory* de Washington, recaudó una suma considerable de dinero para emprender la construcción del refractor más grande³⁴. Sin embargo, Alvan Clark ya había firmado un contrato con Leander McCormick para la Universidad de Virginia. Mediante un diálogo muy afortunado, Clark acordó construir para ambos, objetivos de 66cm. Los lentes estuvieron listos hasta 1873; y a finales de ese

³⁴ Este observatorio tiene lazos muy estrechos con el gobierno chileno; ver capítulo 2.

año se instaló el instrumento en el Observatorio Naval. Cuatro años más tarde Asph Hall descubrió Phobos y Deimos. Su refractor gemelo entró en operación hasta 1884.

K. L. v. Littrow³⁵, director del Observatorio de Viena había contratado a Howard Grubb (1844-1931) y a su padre Thomas Grubb (1800-78). Sin embargo, ambos se habían especializado en reflectores y en monturas ecuatoriales alemanas para instrumentos pesados. El arreglo para la construcción de un objetivo de 69cm. se efectuó en 1875, pero hasta 1879 consiguieron los vidrios, terminando el instrumento en 1881.

En 1879, Otto W. Struve, director del Observatorio de Poulkova, contrató a Clark para la construcción de un objetivo de 76cm. y quedó terminado hasta 1885. Mientras tanto, James Lick había donado fondos para que se construyera un refractor de 91cm. El proyecto se concretó hasta 1887, nueve años después de su muerte. Quedó instalado en el Monte Hamilton con una montura ecuatorial tipo alemana, en una de cuyas pilastras, se encontraba la tumba de J. Lick.

La experiencia de esta corta pero intensa travesía tecnológica, data de 1889 cuando los hermanos Clark acordaron construir un instrumento de 102cm. Originalmente el presupuesto fue donado por la *Southern University* de California, pero finalmente tuvo que ser donado por el magnate C. T. Yerkes de Chicago. La fundación para el Observatorio de Yerkes fue en 1895, pero puesto en funcionamiento dos años después. La historia de la astronomía había cambiado a la par con la tecnología de los telescopios. Dice van Helden:

la razón por la cual, después de Yerkes, decayó el interés de los grandes refractores tiene que ver con la cambiante naturaleza de la misma astronomía (...) las necesidades de la espectroscopía y la fotografía para los grandes telescopios fue satisfecha por los reflectores; ya en el siglo XX la tecnología de los reflectores había avanzado considerablemente para llevar la punta de lanza en este ámbito.³⁶

Además la estandarización de los refractores se convirtió en engrane del proyecto mundial de la *Carte du Ciel*. Hacia 1895, 17 telescopios fotográficos estaban en operación a lo largo y ancho del planeta. Nueve estaban

³⁵ Littrow también fue célebre por el método para determinar la latitud que lleva su nombre; ver capítulo XVIII, en Díaz Covarrubias, F. (1896), p. 528-538.

³⁶ Ver van Helden, p. 51.

construidos por los hermanos Henry y Gauthier, seis por Howard Grubb (uno de ellos perteneciente al observatorio de Tacubaya), uno por Steinheil, y otro por Repsold.

En 1850, las más grandes aperturas eran de 38cm., mientras que a finales de siglo había llegado a 102 cm.; para esta época había aproximadamente 60 refractores en todo el mundo con aperturas mayores a 35cm.

1.3. Las instalaciones y los instrumentos

La importancia de detenerse brevemente a los detalles de los instrumentos, se justifica por el hecho de que, en el siglo XIX que estamos estudiando, la astronomía requería de un cambio tecnológico que permitiera alcanzar dos metas principales:

- a) Medir con mayor precisión; y,
- b) “Ver” más lejos y con mayor nitidez.

Ambos puntos se sitúan como condición tecnológica para alcanzar los fines que se había propuesto la ciencia astronómica, como reflexión teórica sobre los objetos celestes. Esto es, a nivel operativo es la tecnología el núcleo central de nuestro estudio ya que es ella, y no la ciencia, lo que está en juego en los países periféricos. A su vez, en los países centrales se vislumbra una “carrera tecnológica” con objetivos científicos planteados muchas décadas antes.

Motivados por la invitación del Contra Almirante Mouchez del Observatorio de París, los astrónomos mexicanos centraron todos sus esfuerzos para equipar al Observatorio de Tacubaya con toda la tecnología de punta asequible en su momento. De hecho, la formación de la *Carte du Ciel* se volvió en la actividad más importante hasta muy entrado el siglo XX.

Parte central de los observatorios astronómicos fue el Departamento Astro-Fotográfico que, en Tacubaya, consta de tres salas. Anguiano lo describe de esta manera:

Las piezas tienen, según se ve en la figura, una forma cuadrada de 8 metros por lado, y la torre, de forma circular, 6m.40 de diámetro exterior. Las piezas tienen ventanas al Oriente y al Occidente. En el centro de la torre

se eleva un poste de ladrillo de forma piramidal, cuyo cimiento se profundizó 0m.50 más abajo del nivel general de los cimientos de los muros, estando, en consecuencia, enteramente aislado del resto de la construcción. La altura total del poste, hasta el pavimento del lugar de observación, es de 11m.70. Sobre ese nivel se construyó un pedestal de cantería de 1m.25 de altura, 1m.60 de largo y 1m.20 de ancho en la base, sobre el cual descansa inmediatamente el poste de fierro del instrumento.³⁷

El ecuatorial fotográfico

Se habla de este instrumento indistintamente como “Grande ecuatorial”, o “Ecuatorial de 0m38”, o “Ecuatorial Fotográfico”. Para que no quepa duda de si es el mismo, Chacón comenta, al hablar del primero, que midió “el diámetro de su objetivo y encontré que tiene 385 milímetros, esto es poco más de 15 pulgadas inglesas. De la aplicación resulta que con el Grande ecuatorial el mayor refractor que yo sepa tengamos en la República, se alcanzaría á observar estrellas hasta de la 15^a magnitud.”³⁸

Se trata de un telescopio refractor más grande que el acimutal pero con un sistema de ejes que permite mayor maniobrabilidad y un movimiento más suave para “barrer” mayor amplitud en el cielo. Realmente, el nombre de ecuatorial es la montura, no es para el telescopio en sí; esto es, el eje vertical al plano del horizonte está inclinado de tal manera, que el eje de los muñones, que soportan directamente al telescopio, toma el nombre de eje de declinación; el eje de la “Y” deviene eje horario. Si el telescopio se mueve alrededor del primero, lo que cambia es la declinación; y si se mueve alrededor del segundo, lo que cambia es el ángulo horario.³⁹

El padre jesuita Scheiner (1575-1650) fue el primero en utilizar la montura ecuatorial para observar manchas solares de manera sistemática en las primeras tres décadas del siglo XVII. En las décadas siguientes se utilizarían por Cassini y Flamsteed, en Greenwich; posteriormente será de gran utilidad en el Observatorio de París; y de ahí, su difusión por toda Europa con implementos mecánicos en la montura. En el siglo XIX, el ecuatorial de Dorpat (1824) ya era un prototipo de medidas micrométricas y observaciones

³⁷ Anguiano, A. (enero 1892), *Departamento Astro-fotográfico*, en Boletín, tomo I, p. 147.

³⁸ Chacón, J. M. (s/f), *Informe que rinde e Profesor J. M. Chacón, como encargado interino del Departamento del Grande Ecuatorial del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, ante el Sr. Ingeniero D. Angel Anguiano, Director del mismo Observatorio*, en Boletín, tomo I, p. 515.

³⁹ Ver Danjon (1983), p. 339-361.

físicas; como el que Fraunhofer había construido en 1815 y que en décadas posteriores se convirtió en una celebridad porque le había colocado un heliómetro, que junto con mecanismos de movimiento determinó su adopción en otros lugares. Hacia la segunda mitad del siglo XIX, se construyeron refractores con montura ecuatorial más grandes. En América Latina, el Observatorio de La Plata, en Argentina, tenía uno; además del Observatorio Astronómico Nacional, en Tacubaya, México.

Dice José María Chacón que por las características que tiene el ecuatorial se puede utilizar para el “estudio de las manchas y fláculas del Sol por el uso de los helioscopios de Herschel y Merz; estudio de la naturaleza íntima del mismo gran luminar, por medio del tele-espectroscopio; observaciones de los pequeños planetas, tan numerosos entre 11 y 13 magnitudes, utilizando para ello la potente fuerza de penetración del magnífico refractor; determinación de las posiciones aparentes de los mismos pequeños planetas, cometas y estrellas nuevas, así como a la medición de los diámetros aparentes de los planetas principales, sirviendo para todo esto la precisión del micrómetro filar.”⁴⁰

El ecuatorial fue utilizado principalmente para observar cinco objetos celestes: a) manchas solares⁴¹; b) asteroides⁴²; c) cometas⁴³; d) estrellas⁴⁴; e) nebulosas⁴⁵.

⁴⁰ ibidem, p.518.

⁴¹ Anguiano, A. (febrero 1892), *Manchas solares observadas en enero y febrero de 1892*, en Boletín, Tomo I, p.136-143. Anguiano, A. (marzo y abril de 1892), *Manchas Solares*, en Boletín, tomo I, p. 179-185.

Anguiano, A. (s/f), *Estudios sobre la posición heliográfica de las manchas solares*, p. 235-249. Anguiano, A. (agosto de 1892), *Manchas solares*, en Boletín, tomo I, p.330-341.

⁴² Anguiano, A. (febrero de 1889), *Ecuatorial de Om38. Observación del Planeta 247, Eucrates*, en Boletín, Tomo I, p. 5-11. Valle, F. (julio de 1891), *Observaciones ejecutadas con el ecuatorial de Om38*, en Boletín, Tomo I, p.82-85. Valle, F. (s/f), *Observaciones de asteroides y cometas, ejecutados por el Ingeniero Felipe Valle con el Ecuatorial de Om38*, en Boletín, Tomo I, p. 109-110. Valle, F. (enero de 1895), *Observaciones de asteroides y cometas ejecutadas en el Ecuatorial de Om38*, en Boletín, Tomo I, p. 342-346. Valle, F. (s/f), *Observaciones de asteroides y cometas ejecutadas con el Ecuatorial de 15"*, por Felipe Valle, en Boletín, Tomo I, p. 356. Valle, F. (30 de junio de 1895), *Observaciones de asteroides ejecutadas con el Ecuatorial de Om38, por Felipe Valle*, en Boletín, Tomo I, p.429-430.

⁴³ Además de los anteriores referentes a cometas, ver: Valle, F. (30 de junio de 1895), *Observación del cometa Encke en el ecuatorial de Om38*, en Boletín, Tomo I, p. 430.

⁴⁴ Ver de las notas anteriores, Valle, F. (julio de 1891); Valle, F. (s/f), p.109-110; Valle, F. (enero de 1895); Valle, F. (s/f), p. 356.

⁴⁵ Ver nota 16, Valle, F. (julio de 1891).

Descripción del ecuatorial

La primera descripción del Ecuatorial fue publicada por Ángel Anguiano en enero de 1892⁴⁶ y contiene un par de ilustraciones. Contiene además, la descripción “desde su instalación, de las pruebas hechas con él, y de las circunstancias principales que han ocurrido hasta lograr tener el instrumento, como de hecho lo tenemos ya, enteramente listo para emprender, con plena confianza, el trabajo definitivo.”⁴⁷

Tal parece que la construcción, a cargo de Grubb, es igual que los otros instrumentos contruidos por el mismo fabricante; sin embargo, Anguiano subraya lo siguiente: “la más notable novedad del instrumento consiste en un corrector eléctrico al movimiento de relojería”⁴⁸; y posteriormente, dedica una buena parte para describirlo. Hace referencia a la figura 4, de la segunda ilustración. La importancia de dicho implemento es que,

por perfectos que sean el regulador y el equilibrio del instrumento, al cabo de un cierto tiempo, se hacen sensibles algunos cambios en la posición de la estrella, lo que ofrece serios inconvenientes en los trabajos fotográficos, obligando al astrónomo á estar en constante observación del astro, para hacer á mano las correcciones debidas, produciendo así muchas fatigas, y sin que á veces se pueda estar seguro de haber hecho bien la corrección, ó de que se hizo antes que se produjera alguna deformidad en la imagen. El problema que se presentó á los constructores fue el siguiente: idear una manera de corregir las pequeñas diferencias que no puede evitar el regulador en el instante en que se presentan, por pequeñas que ellas sean. El sr. Grubb resolvió la cuestión de una manera satisfactoria⁴⁹.

Posteriormente describe la resolución de dicho problema siguiendo las restantes figuras de la segunda ilustración.

La segunda descripción corre a cargo de Guillermo B. y Puga, quien se había hecho el responsable del Ecuatorial en Octubre de 1892, luego de la separación temporal de Teodoro Quintana⁵⁰. Contiene, a) revisión y ajustes del instrumento; y b) obtención de placas para el catálogo astrofotográfico;

⁴⁶ Ver nota 11.

⁴⁷ ídem, p. 147.

⁴⁸ ídem, p. 149.

⁴⁹ ídem,.

⁵⁰ Ver: Puga, Guillermo B. (enero de 1892), *Departamento Astrofotográfico*, en Boletín, Tomo I, p.211-224.

finalmente, hay una lista de placas tomadas en el periodo de octubre de 1892 a abril de 1893.

En un “Informe”, Chacón presenta el estado en el que se encuentra el instrumento: su ubicación es temporal puesto que se construye el torreón que resguardará al ecuatorial. Por esta razón, lo manda limpiar, mientras determina que el diámetro del objetivo es de 385 milímetros (cerca de 15 pulgadas) de poder de penetración, con el cual se logran observar estrellas de 15^a magnitud; y el poder separador es 0.”³. Esta medida significa “que estrellas que disten aparentemente una de otra esta pequeñísima cantidad, se hacen, con el auxilio del poderoso refractor, distintas á nuestra vista”. La finalidad del informe es “la determinación de las posiciones de los pequeños planetas, cometas y estrellas nuevas.”⁵¹, por lo mismo, lo acompaña las observaciones del asteroide KLIO (84) y de algunas estrellas.

El instrumento tiene dos anteojos de igual distancia focal, pero de distinta abertura: uno es el fotográfico y el otro es un anteojo astronómico llamado anteojo-guía. La abertura del primero es de 0.33m y la del segundo de 0.25m, siendo la distancia focal de ambos de 3.43m, de lo que resulta 0.001m en la placa fotográfica corresponde á un arco de 1', según lo que resolvió el Congreso Internacional de 1887. Por otra parte, la novedad del instrumento consiste en un corrector eléctrico al movimiento de relojería.

A pesar de que el regulador que usa el Ecuatorial alcanza un grado de precisión incomparable, todos ellos

parecen deficientes en las grandes exposiciones fotográficas. Por perfectos que sean el regulador y el equilibrio del instrumento, al cabo de un cierto tiempo, se hacen sensibles algunos cambios en la posición de la estrella, lo que ofrece serios inconvenientes en los trabajos fotográficos, obligando al astrónomo á estar en constante observación del astro, para hacer á mano las correcciones debidas, produciendo así mucha fatiga, y sin que a veces se pueda estar seguro de haber hecho bien la corrección, ó de que se hizo antes que se produjera alguna deformidad en la imagen. El problema que se presentó á los constructores fue el siguiente: idear una manera de corregir las pequeñas diferencias que no puede evitar el regulador en el instante en que se presentan, por pequeñas que ellas sean. El Sr. Grubb resolvió la cuestión de una manera satisfactoria⁵²

⁵¹ Ver referencia en nota 12, p. 514.

⁵² Ver detalles: referencia en nota 11, p.147-151.

El círculo meridiano

El primer artículo, escrito por Guillermo B. y Puga, que tiene información sobre su utilidad consta de dos partes y contiene los cálculos para determinar la latitud. En la primera parte⁵³, se registraron las observaciones desde el 24 de enero de 1891, hasta el 22 de septiembre de 1891; y la segunda parte⁵⁴, también contiene observaciones, ahora del periodo comprendido entre el 20 de octubre de 1891 hasta el 22 de diciembre del mismo año; además de una tabla de resumen y otra sobre la comparación de las discordancias y las magnitudes de las estrellas. Finalmente, obtiene una latitud del Círculo Meridiano; a saber, $\varphi = 19^{\circ} 24' 16''075$.

Posteriormente, hay un informe escrito por Camilo A. González, del 10 de marzo de 1893⁵⁵, en donde registra una serie de observaciones de las estrellas situadas en el paralelo -13° , y cuyas magnitudes oscilan entre 4.7 y 8.3.

Existe una larga lista llamada, “Observaciones meridianas para la formación de un catálogo de estrellas en el Observatorio de Tacubaya”, registros cuyo periodo de realización fue todo el año de 1891⁵⁶. Su continuación aparece en dos partes hasta 3 años después. Y las mediciones de la Ascensión Recta y Declinación aparecen aparte⁵⁷.

Guillermo B. y Puga, se encargó de dar una descripción detallada del Círculo Meridiano acompañado de una ilustración que iremos siguiendo; su texto consta de tres partes: Descripción general⁵⁸ y su continuación⁵⁹; como círculo mural⁶⁰; y, flexión del antejo⁶¹.

⁵³ Puga, Guillermo B. (enero-septiembre de 1891), *Observaciones de latitud*, en boletín, Tomo I, p. 111-129.

⁵⁴ ídem, p.161-178.

⁵⁵ González, Camilo A. (noviembre-diciembre de 1892), *Sala Meridiana*, en Boletín, tomo I, p.199-202.

⁵⁶ a) Puga, Guillermo B. (s/f), *Observaciones meridianas para la formación de un Catálogo de estrellas en el Observatorio de Tacubaya*, en Boletín, Tomo I, p. 9-104; y Puga, Guillermo B. (s/f), *Observaciones meridianas*, en Boletín, Tomo I, p. 207-210.; b) González, Camilo (junio de 1894), *Círculo Meridiano. Observaciones de estrellas australes*, p. 292-299; c) González, Camilo; y Rodríguez Rey, F. (s/f), *Observaciones meridianas*, en boletín, Tomo I, p.259-261. Todas las listas en orden no cronológico.

⁵⁷ González, Camilo (junio de 1894), *Sala Meridiana y Círculo Meridiano*, en Boletín, Tomo I, p. 303-316.

⁵⁸ Puga, Guillermo B. (s/f), *Descripción del Círculo Meridiano*, en Boletín, Tomo I, p. 12-15.

⁵⁹ Puga, Guillermo B. (s/f), *Estudio del Círculo Meridiano*, en Boletín, Tomo I, p. 18-31.

⁶⁰ González, Camilo (agosto de 1891), *Círculo Meridiano considerado como Círculo Mural*, en Boletín, Tomo I, p.105-108.

⁶¹ Puga, Guillermo B. (enero de 1891), *Flexión del Antejo del Círculo Meridiano*, en Boletín, Tomo I, p.86-90.

De ellos, solo daremos un resumen del primero, ya que los otros dos incisos sólo contienen datos técnicos muy específicos.

Descripción del Círculo Meridiano

Uno de los instrumentos más importantes para el observatorio es el Círculo Meridiano. La finalidad del instrumento es mantener su eje de rotación invariable, horizontal y dirigido al eje este-oeste; de tal manera, que el eje óptico está dispuesto por construcción al meridiano. Puede servir para determinar el instante en que una estrella pasa por el meridiano⁶².

El Círculo Meridiano se encuentra instalado en un departamento temporal en el centro del jardín, mientras se construye la sala definitiva al oriente del edificio. El departamento consiste en una pieza que tiene 11 por 5.5 metros, sus paredes están formadas con tepetate y ladrillo, descansando sobre cimientos de basalto compacto. El techo es de dos aguas y está formado por láminas acanaladas de zinc, en la arista superior se encuentran las ventanas que permiten quede una abertura libre de 80cm. de ancho, a todo lo largo de la pieza. Para dar entrada al departamento hay una puerta en un costado, y en las cabeceras norte y sur dos ventanas que son prolongación de las ventanas del techo y permiten que el anteojo pueda recorrer sin interrupción todo el arco del meridiano que se encuentra sobre el horizonte visible.

En la segunda parte del artículo, solo trata de las condiciones ópticas del anteojo que debe tener el Círculo Meridiano de acuerdo al objeto observado. Mediante la disposición de cuatro prismas se pueden observar estrellas de 12^a magnitud, en lugar de la 8^a magnitud. Además es posible introducir un cociente que representa la “claridad de la imagen”, que a su vez depende de otro cociente, a saber, de las “superficies del objetivo” y de la “pupila del observador”. De tal suerte, que los objetos observados pueden ser de dos tipos, de acuerdo á su tamaño: las estrellas y los planetas; para cada uno de los dos tipos se ocupan fórmulas distintas. El texto incluye, además, tabulaciones muy largas sobre otras constantes que requieren los cálculos⁶³.

⁶² Ver Danjon(1983), p. 327-338.

⁶³ Puga, Guillermo B. (s/f), *Estudio del Círculo Meridiano*, en Boletín, tomo I, p. 18-31.

1.4. Comisión Especial Astronómica

Motivado por la oportunidad de calcular el “metro astronómico”, a partir del tránsito de Venus el día 6 de Diciembre de 1882⁶⁴; además de la recién apertura del observatorio de Chapultepec, Ángel Anguiano envió una carta fechada el 10 de Febrero de 1881, al Ministerio de Fomento, en donde persuadía al gobierno en turno de comprar instrumentos adecuados para dicha observación. Dice:

En el anterior paso de Venus el Gobierno Mexicano tuvo el acertado pensamiento de enviar al Japon una Comision que supo dar á México el honor que le corresponde entre las naciones cultas. En el próximo paso el fenómeno es visible en la República Mexicana; y recuerdo que el pensamiento capital que guió al Supremo Gobierno al decretar la instalación de un Observatorio Astronómico Nacional, fue el de que, pasados pocos años, México debia, por un compromiso solemne ante el mundo científico, tener arreglado el local á propósito para tal observación, y que llenase además las miras de un Gobierno verdaderamente ilustrado.⁶⁵

Había premura de tiempo, ya que en veinte meses debía estar arreglado el torreón destinado a un “grande anteojos con movimiento paraláctico”, además de su instalación y preparación. Todo esto era para la observación del Paso de Venus, en el entendido de que era necesario adquirir otros instrumentos como espectroscopios y un círculo meridiano.

La respuesta tardó tres meses en llegar (el 13 de Mayo), pero fue muy positiva. La carta incluye 2 ejes principales alrededor de los cuales, se definió el perfil del Observatorio Astronómico Nacional en los años posteriores, mediante una comisión para:

- a) ir a Europa por los instrumentos; “... se confiere á vd. una comision para que, yendo al extranjero, visite las fábricas de instrumentos científicos é investigue las condiciones con que deba construirse el ecuatorial, así como su precio, el tiempo en que deba estar terminado y demas detalles propios del asunto. Obtenidos sean estos datos, propondrá vd. al Gobierno el proyecto y presupuesto de los gastos que se han de erogar, á fin de que el

⁶⁴ Se refiere a lo que ahora conocemos como Unidad Astronómica, definida como la distancia media entre el Sol y la Tierra, equivalente a 150,000,000 km.

⁶⁵ Ver referencia en Anguiano (1882), p. 2.

Observatorio Nacional quede dotado convenientemente de una mejora de tanta importancia.”⁶⁶

- b) visitar los observatorios más importantes; “Igualmente recomiendo á vd. que durante su viaje visite los principales Observatorios Astronómicos, é inquiera los preparativos que en ellos se hagan para la observación del próximo paso de Vénus, proponiendo despues al Gobierno los instrumentos que han de comprarse para las observaciones espectroscópicas y para la fotografía celeste.”⁶⁷

Para tal misión se le asignaron \$1,800 para los seis meses programados de viaje. El día 24 de Mayo, Anguiano partió de la Ciudad de México con destino a Veracruz; sin embargo, el vapor “Nankin” salió del puerto hasta el día 27. Al llegar a Nueva York, el día 9 de Junio, tuvo otro retraso, hasta que encontró pasaje el día 16 con destino a Inglaterra, llegando a Londres el día 27. Ya en la fábrica más prestigiada entonces, Troughton & Simms, consiguió que le construyesen el círculo meridiano; sin embargo, el gran ecuatorial, a decir del Simms, debía construirse en Dublín con el especialista, Grubb, quien encontraba precipitado el plazo de fabricación. Dicho lo cual, Anguiano envió un comunicado, con fecha 17 de Julio, al gobierno mexicano, donde advertía que no se podía cumplir el plazo en los tiempos que convenían al observatorio; para ello, propuso tres alternativas:

- a) “Que el ministerio de Fomento dé sus órdenes inmediatamente para que se construyan desde luego los instrumentos que se detallan en el adjunto pliego, sirviéndose comunicarse su superior resolucion por la via telegráfica, por exigirlo así la premura del tiempo, á reserva de recibir despues por la via ordinaria, las instrucciones y órdenes respectivas.”⁶⁸
- b) “En caso de que no fuese posible construir el ecuatorial en el plazo que se necesita, que se me autorice para contratar uno que siendo perfectamente útil para el objeto deseado, pueda concluirse en aquel plazo, no siendo en ningún caso el diámetro del objetivo menor de 8 pulgadas; advirtiendo que si el Sr. Grubb no se compromete á hacerlo, no omitiré ver á otros fabricantes, procurando ántes que todo, la buena construcción del instrumento.”⁶⁹

⁶⁶ ídem, p. 4.

⁶⁷ ídem, p. 4.

⁶⁸ ídem, p. 8.

⁶⁹ ídem

- c) “Siendo costumbre en las fábricas de que el pago se haga por tercios, dando el primero al comenzar el trabajo, el segundo á la mitad del plazo y el tercero á la conclusión; pero habiendo hecho presente la dificultad de dar el primer tercio á la vez que la órden de trabajo, habiendo convenido los fabricantes en recibirlo cuando sea posible, con tal que al plazo del segundo tercio queden pagados los dos; propongo que el Ministerio de Fomento dé sus órdenes para que el de Hacienda ministre la cantidad de 5,000 pesos mensuales, durante seis meses, procurando que la primera mensualidad esté situada en Londres á Paris á mediados de Setiembre ó ántes si es posible fuere.”⁷⁰

La respuesta del gobierno mexicano demoró cuatro meses, durante los cuales, Anguiano visitó los observatorios más renombrados de la época⁷¹ y regresó a Londres ya con la respuesta y determinación de hacer los contratos correspondientes para la fabricación de los instrumentos.

El 15 de Noviembre definió el contrato con Simms sobre el círculo meridiano. El mismo día, arregló detalles sobre informes de instrumentos de fotografía astronómica entre otros, con Negretti y Zambra, a quienes visitaría en los días inmediatamente posteriores. El día 17, estuvo arreglando los detalles técnicos y financieros que posibilitaron la construcción del ecuatorial y la firma del contrato.

Para tal efecto, las propuestas se vieron modificadas por las circunstancias, más bien positivas, de bajo costo y por lo cual la lista de los instrumentos quedó como se muestra en el anexo 2.

En la publicación de la Secretaría de Fomento que incluye este informe, Anguiano no duda en escribir cinco cuartillas, a manera más bien de apéndice, que dan una muy buena idea de lo que significaba la tecnología en la Inglaterra del siglo XIX. Se trata de la fábrica Troughton & Simms, que se mantenía, en principio, construyendo teodolitos y sextantes.

La fábrica incluía la carpintería, departamento de máquinas, departamento de ensamblaje, fundidora, taller de lentes, taller de reparación, departamento de escalas y ensamblaje final. Todos estos departamentos y talleres tenían máquinas, algunas totalmente automáticas; y se sobreentiende

⁷⁰ ídem, p. 44. Ver además, anexo 1 al final del capítulo.

⁷¹ Ver subcapítulo 2.2.

que las dimensiones del lugar eran enormes (uno de éstos, tiene 100 pies x 50 de ancho), al igual que el número de personas (sólo en el ensamblaje había 50 ó 60 personas, según la perspectiva de Anguiano).

Dice: “En los muros del edificio se han fijado colimadores para el ajuste y comprobación de los instrumentos construidos, y es admirable el cuidado, exactitud, orden y vigilancia que se observa en todo el establecimiento.”⁷²

1.5. Conclusión

Debemos tener presentes tres puntos:

a) Los instrumentos principales que se utilizan el Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, son mandados a construir con los últimos adelantos de la tecnología y la ciencia, inclusive hemos encontrado que hay una pequeña innovación en el mecanismo de relojería, por parte del irlandés H. Grubb, constructor del ecuatorial.

b) El personal que dirige el observatorio, está capacitado para el uso de los instrumentos que se mandan a fabricar en Europa. Hablamos particularmente de Anguiano, Quintana y Jiménez. Esto supone un conocimiento previo, tanto teórico como práctico. La cátedra de Cosmografía, o Astronomía práctica en el Colegio Militar, hace pensar que también ahí tenían instrumentos acordes con las necesidades del país, además de los adelantos que surgían en Europa en el ámbito tecnológico y científico.

c) La observación de los objetos celestes no es improvisado: responde a un programa bien estructurado y con pleno conocimiento de lo observado. Podemos decir, que si bien no es una propuesta original del todo, al menos se tiene conciencia del plan de trabajo que siguen los observatorios europeos.

⁷² ídem, p. 47.

ANEXO 1

INSTRUMENTOS QUE SE DEBEN COMPRAR PARA EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE CHAPULTEPEC

Un ecuatorial de 15 pulgadas de diámetro en el objetivo, 6 yardas de distancia focal, montado según el sistema moderno en un solo pié central de fierro, incluyendo el mismo pié, provisto de espectroscopios y de todo lo que exige la ciencia moderna, debiendo estar concluido á los ocho meses de recibir la órden de trabajo, incluyendo envase..... 12,500

Un círculo meridiano de 8 pulgadas de diámetro en el objetivo y 3 yardas próximamente de distancia focal, con sus respectivos postes de fierro, los cuales deberán llevar un mecanismo para dar á todo el aparato y según convenga pequeños movimientos; provisto del aparato cambiador todo de fierro, y de otro especial con la vasija para el mercurio como colimador, incluyendo dos anteojos colimadores de 6 pulgadas de abertura; llevando dos círculos meridianos de 3 piés de diámetro y otros dos más destinados á los cuatro anteojos micrómetros que debe haber de cada lado; un aparato necesario para examinar los pivotes; dos sistemas de retícula; oculares de varios poderes, incluyendo envase.....8,000

Una cúpula giratoria para el ecuatorial de 8 yardas próximamente de diámetro, esqueleto de fierro y revestida de lana con preparación especial, sistema moderno; incluyendo el mecanismo propio para moverla.....3,000

Un cronógrafo de cilindro, mecanismo enteramente moderno y regularizado su movimiento por medio de un péndulo de movimiento cónico.....1,300

Dos péndulos siderales.....1,000

Diez cronómetros por lo menos, necesarios para establecer como en Greenwich un sistema de observaciones á distintas temperaturas, á \$200 cada uno.....2,000

Un aparato fotográfico con todos los accesorios para la astronomía física.....\$300

Para un barómetro patrón, instrumentos meteorológicos, envase y otros imprevistos.....\$1,900

Total.....30,000

Londres, 17 de julio de 1881.

A. Anguiano.

ANEXO 2. (Lista aprobada para la compra de instrumentos)

Un telescopio refractor de 15 pulgadas inglesas de abertura en el objetivo y 18 piés de distancia focal, con movimiento paraláctico de relojería montado en un solo pié de fierro, sistema moderno; dos círculos de ascensión recta de 16 pulgadas de diámetro; un círculo de declinación de 30 pulgadas, y un círculo de posición transparente, iluminados todos con una misma lámpara: sistema de ruedas lunares para cambios instantáneos en las observaciones de luna, pudiendo dar al instante todos los movimientos de aproximación necesarios y hacer lecturas de todos los círculos desde el centro ocular del telescopio; antejo buscador de 3 pulgadas de abertura; un espectroscopio con armadura propia para adaptarlo al ecuatorial de la forma inventada por el profesor Young, y con los perfeccionamientos ulteriores indicados por este hábil físico; con dos medios prismas y cuatro prismas enteros, teniendo por consiguiente un poder total de 10 prismas, puesto que el haz de luz, atraviesa dos veces los prismas, y pudiendo reducir el poder á voluntad á 8, 6, 4 y 2 prismas.

Un ecuatorial de 6 pulgadas de abertura, bajo el mismo sistema del de 15 pulgadas, teniendo además un micrómetro bifilar y oculares de distintas especies, incluyendo uno diagonal para observaciones solares, nivel para el eje de declinación, etc.

Una cúpula de 24 piés de diámetro para el grande ecuatorial con doble cubierta, siendo la exterior de madera revestida de lámina de cobre y la interior de lona con barniz especial, movida por una combinación de engranes, de modo que pueda ser manejada por una sola persona.

Otra cúpula de 15 piés de diámetro para el ecuatorial de 6 pulgadas.

Un círculo meridiano de 8 pulgadas de abertura y 3 yardas de distancia focal con todos los perfeccionamientos modernos, conteniendo especialmente dos círculos simétricos de 3 piés de diámetro divididos de 5' en 5', cuatro microscopios de cada lado para hacer las lecturas de los círculos colocados en otros dos círculos paralelos á los primeros, y pudiendo fijarse en ellos; oculares de varios poderes amplificadores, micrómetros de declinación y de ascensión recta con prismas para la iluminación de los hilos; retícula con dos sistemas de hilos, teniendo cada uno 7 hilos verticales; dos anteojos colimadores de 6 pulgadas de abertura; un invertidor de fierro con un tornillo de acero, colimador de mercurio, postes de fierro con un sistema de ajustes por medio de tornillos, con los que se coloca todo el instrumento en la posición conveniente.

Un foto-heliómetro con antejo de 4 pulgadas de abertura y 5 piés de distancia focal, montado ecuatorialmente con círculo de declinación de 12 pulgadas de diámetro, y el de ascensión recta de 8 pulgadas, con todos los útiles y accesorios para la fotografía celeste.

Un cronógrafo de cilindro movido en espiral por una máquina de relojería, con péndulo de movimiento cónico semejante al que existe en el Observatorio de Greenwich y con algunos otros perfeccionamientos.

Dos péndulos patrones, uno ajustado al tiempo sidereal y otro al tiempo medio, con aparatos eléctricos para transmitir automáticamente señales instantáneas y poder arreglar otros relojes, y con la conexión también necesaria en el sidereal para marcar las señales en el cronógrafo.

Diez cronómetros de las mejores fábricas inglesas.

Un magnetómetro unifilar.

Un círculo de inclinación.

Un barómetro registrador automático.

Un juego de termómetros automáticos horarios.

Doce termómetros.

CAPÍTULO 2. LOS OBSERVATORIOS

2.0. Objetivo

En este capítulo trataremos de dar una visión general de la concepción, y un breve desarrollo, de los observatorios astronómicos. Desde ahora hacemos hincapié en algo muy importante: la instalación en Palacio Nacional no corresponde a la misma tradición que los observatorios instalados en Chapultepec y Tacubaya. Estos últimos responden a una tradición concebida desde un imaginario científico (el liberalismo como ideología); mientras que el Central de Palacio Nacional, responde a una estrategia tecnológica (la geografía como defensa del territorio, como lo demostraremos en el último capítulo).

En la primera sección, hacemos una breve reseña de los observatorios que emergieron, en circunstancias y contextos muy distintos, antes que los observatorios mexicanos, señalando que el primer observatorio instalado en Latino América es el establecido en Nueva Granada hacia 1802; y que todavía siguieron otros tres antes que el definitivo de Tacubaya. Posteriormente, revisamos los comentarios que hiciera Ángel Anguiano en su visita a los observatorios europeos más renombrados de su época, mientras se construyen los instrumentos mandados a pedir a las fábricas también más renombradas de equipos astronómicos. La tercera sección, solo pretende mostrar lo que había propuesto Anguiano como extensión de su visita a los observatorios: una extensión de ese imaginario. En la cuarta sección, es la contrapropuesta: por una parte, es la desilusión de poder obtener lo que le pide al gobierno; por otra, es situarse en la realidad más inmediata del país.

2.1. Observatorios astronómicos en Latinoamérica (1850-1950)

Dice David S. Evans que, “en el desarrollo de los observatorios en el hemisferio Sur fue más determinante los factores geográficos y políticos, que los científicos”; y luego, nos señala que este hemisferio es sobre todo océano. Posteriormente comenta: “Sudáfrica, Australia y Sudamérica, como islas aisladas (*sic*) que tienen también algo de historia de la astronomía, tal como

Santa Helena, Mauricio e Indonesia, todas ellas territorios excoloniales y la astronomía no les debe nada a las culturas indígenas aborígenes.”⁷³

La perspectiva desde la que nuestros historiadores han escrito su historia ya no debe ser la misma con la que nosotros leemos la nuestra; esto es, el presente trabajo debe leerse con una mirada distinta, situando precisamente el desarrollo de la astronomía no como una ciencia en abstracto, sino como un aspecto tecnológico muy concreto unido íntimamente a las necesidades que el país tenía en su momento. La tradición, y columna vertebral, de nuestro estudio es la dimensión geográfica que reviste prácticamente toda actividad intelectual y práctica, dentro y fuera del Observatorio Astronómico Nacional.

Ciertamente, la astronomía como ahora la conocemos es eminentemente occidental; de la misma manera, los observatorios también pertenecen al mundo occidental, pero en nuestro caso muy particular, nuestros astrónomos mexicanos perdieron la oportunidad de entablar un diálogo con otras tradiciones astronómicas como la maya-azteca con siglos de un profundo conocimiento del universo asequible. Ya hemos visto que el liberalismo fomentó una ideología que encubrió a estas otras culturas. Todo esto desembocó en que el observatorio tomara todos los parámetros de occidente para constituirse.

Por su parte dice Kriuscinas que, “aproximadamente de 1830 a 1970, la capital astronómica del hemisferio Sur fue claramente Sudáfrica.”⁷⁴. Para el astrónomo occidental, sólo era ciencia astronómica lo que se había difundido como lo mismo desde occidente; ya que se refiere a los observatorios europeos establecidos en esta región. Cuando habla ya del siglo XX, se refiere desde luego, también a los observatorios europeos establecidos en Chile.

Esta es la visión con la que debemos convivir; sin embargo, nuestros técnicos entendieron bien la astronomía occidental, la implementaron y hubo muestras claras de madurez que pudo desarrollarse más de no ser por las pugnas políticas y los bajos fondos destinados a estas actividades.

Para fundamentar lo precedente, debemos escribir la historia mínima de lo acontecido en México. Para ello solo estamos señalando descriptiva y rápidamente algunos aspectos de una obra futura que de cuenta del sentido de

⁷³ Evans, D. S., *Astronomical Institutions in the Southern hemisphere, 1850-1950*, en Gingerich, O. (1984), p. 153.

⁷⁴ Kriuscinas (1988), p.197.

institucionalizar la astronomía en México. Por lo pronto, debemos dar una visión de lo que ha sido la emergencia y desarrollo de otros observatorios en América Latina. Posteriormente, trataremos la visita de Anguiano a los observatorios europeos que dieron la perspectiva final y definitiva de lo que debiera ser un observatorio para el gobierno mexicano; finalmente, trataremos la propuesta para el establecimiento en Chapultepec y Tacubaya.

En el siglo XIX, son cuatro los observatorios que aparecen como parte de una tradición de unos cuantos ilustrados. El Virreinato de Nueva Granada, que incluía a Venezuela y Colombia actuales, fue testigo del nacimiento del primer observatorio astronómico. Originalmente resuelto a organizar una Expedición Botánica, al final del siglo XVIII le preocupó más la fundación del Observatorio Astronómico. Se encontraría a 2,630 metros de altitud, y cerca de 4.5° norte del Ecuador.

Dice Saladino que “la primera institución de investigación científica de Nueva Granada fue establecida a principios del siglo XIX. Debe señalarse como la primera en América y se debe a José Celestino Mutis, quien logró iniciar su construcción el 24 de mayo de 1802 y terminarla el 20 de agosto de 1803. el Observatorio Astronómico, se erigió en un centro de irradiación de investigaciones y conocimientos científicos. Tuvo entre sus directores, que en él investigaron, a los hombres que mayormente contribuyeron a la práctica de la nueva ciencia: José Celestino Mutis y Francisco José de Caldas.”⁷⁵. Hacia 1805, Mutis tenía 75 años de edad y recomendó a su estudiante José de Caldas para que fuera su primer director. Caldas había tenido fuertes inclinaciones hacia la meteorología, botánica y astronomía; construyó algunos de los mismos instrumentos que usaba para sus experimentos. Acompañó a Humbolt y Bonpland en sus exploraciones de principios del siglo XIX. Buena parte de sus publicaciones fueron referentes a meteorología y botánica, ya que no contaban con grandes instrumentos astronómicos. Hasta la tercera década del siglo XX, pasó a ser parte de la Universidad de Bogotá hacia 1936.

Brasil. En 1825, se nombró una comisión brasileña para considerar la posibilidad de fundar un observatorio en Rio de Janeiro. El objetivo principal era hacer toda la cartografía que el país necesitaba, así como de compartir sus instalaciones y dar apoyo académico a los estudiantes de escuelas navales y militares. Pero fue hasta 1845 que se inauguró; sin embargo, trabajó eficientemente en la publicación de algunas efemérides y en la organización

⁷⁵ Saladino García, A.(1990), p.62.

de comisiones para observar los eclipses de 1858 y 1865. Un nuevo impulso recibió del gobierno en 1870, cuando fue reorganizado por el director francés Emanuel Liais, quien lo mantuvo activo hasta 1909, que cambió de nombre a Observatorio Nacional, y en 1922 se cambió a la escuela militar.

Chile. Por otra parte, el observatorio Naval de los Estados Unidos había hecho una expedición a Chile con el propósito de obtener medidas de la paralaje, usando a Venus y a Marte, desde dos puntos distantes y simultáneamente. Colocaron sus instrumentos en el cerro de Santa Lucía, cerca de Santiago, donde poco tiempo antes, el héroe de la guerra de independencia Bernardo O'Higgins, había propuesto poner uno. Cuando partieron hacia su país, el gobierno chileno adquirió los instrumentos y lo poco de instalaciones que dejaron. El Observatorio Nacional fue inaugurado oficialmente en agosto de 1852 con un refractor de 16.5 cm y un círculo meridiano. Ambos observatorios cooperaron para medir la paralaje solar obteniendo excelentes resultados. Posteriormente, se mudó dos veces de sitio, el último sitio de los cuales, quedó considerablemente lejano de Santiago.

Argentina. Cuando Sarmiento sube al poder en 1867, propuso al Congreso de su país que se instalara un observatorio. B. Gould, quien había sido director de otro observatorio en Albania, fue el primero del de Córdoba, ya en funciones para 1871, con reflector de 28 cm como instrumento principal. El mayor logro obtenido en la década siguiente a su inauguración fue un célebre catálogo llamado *Cordoba Durchmusterung*, con más de 570,000 estrellas.

El rasgo común, a todos estos observatorios, incluyendo el de Tacubaya, nos dice Keenan, “deben su existencia sólo cuando uno o más secretarios de Estado mostraron entusiasmo y determinación en su construcción”⁷⁶. Además, debemos agregar, que fueron fundamentales las circunstancias imperantes de la política las cuales obligaron a poner en el centro de las discusiones los trabajos geográficos, cartográficos, topográficos, geodésicos para su constitución.

2.2. La visita a los observatorios europeos

La segunda parte del informe que Anguiano presenta a la Secretaría de Fomento, se refiere a la visita que hizo a los observatorios europeos más

⁷⁶ Keenan, P. C. (1991), p. 29.

renombrados. La descripción es minuciosa y llena de detalles técnicos; sin embargo, Anguiano tenía claro que “la parte que principalmente debía ocupar mi atención, era la relativa á la construcción y montura de los instrumentos. Fue una de las razones que motivaron mi viaje.”⁷⁷.

Tal parece que el orden en que va narrando los acontecimientos que más le impresionaron de las visitas, no corresponde al cronológico. Por lo mismo quisiéramos dar la lista como él la presenta, pero posteriormente, veremos sus comentarios.

Cronología de la visita

1. Real Observatorio de Greenwich, 29 de Junio.
2. Observatorio de París, 2 de Agosto.
3. Observatorio de Montsouris, (Agosto).
4. Observatorio de Meudon, 26 de Agosto.
5. Observatorio Real de Bruselas, 1 de Septiembre.
6. Observatorio de Berlín, 7 de Agosto.
7. Observatorio de Postdam, (Agosto).
8. Observatorio de Viena, (Agosto).
9. Observatorio del Colegio Romano, (¿?).
10. Observatorio de Nápoles, (¿?).
11. Observatorio de Ginebra, 14 de Octubre.
12. Observatorio de San Fernando, 1 de Noviembre.
13. Observatorio de Madrid, (Octubre).
14. Observatorio de Dublín, (¿?).

Ahora repasemos algunos de los comentarios que Anguiano hace con respecto a la construcción, ambiente científico, historia de la astronomía, instrumentos, personajes que conoció, etc. en orden no necesariamente cronológico.

El *Observatorio de Greenwich* fue quizá la mayor institución de la astronomía en el siglo XIX. Poseía no sólo un plan de trabajo bastante riguroso, sino también los instrumentos más innovadores de su tiempo. En 1851 se instaló el anteojo de tránsito que, junto con los telégrafos usados por compañías privadas y los ferrocarriles, adoptaron el tiempo meridiano en 1880, que se diseminó por casi todo el mundo, hasta que finalmente se adoptó

⁷⁷ Anguiano, A. (1882), p. 16.

en una convención internacional en Washington en 1884⁷⁸. Anguiano menciona que en este observatorio laboraban, por lo menos, 20 astrónomos con distintas especialidades tanto de observación práctica como de cálculos teóricos. Este observatorio fue el primero en ser visitado por Anguiano, su impresión fue esta:

Las tres horas y media que pasé el 29 de Junio de 1881 en el Real Observatorio de Greenwich, serán siempre de grata recordación para mí. Era la primera vez que visitaba un Establecimiento de esa naturaleza, y un Establecimiento de los más respetables en el mundo científico. Mas si debo decir la verdad, el edificio no me causó la impresión que me aguardaba; mucha sencillez en la construcción, departamentos poco espaciosos, nada de aparatoso ni de lujo, construcción de ladrillo inclusive los postes, instrumentos antiguos en su mayor parte, y de feo aspecto si se quiere; pero en medio de todo esto, mucha solidez y comodidad para las observaciones, admirable precisión en los instrumentos, detalles perfectamente estudiados, perfecta organización en los trabajos, y un fondo de saber verdaderamente respetable; tal es, en resumen, el Observatorio de Greenwich..⁷⁹

El *Observatorio de París*. En la primera mitad del siglo XIX había quedado un poco descuidado por los varios directores que tuvo; sin embargo, poco a poco se empezó a equipar con los mejores instrumentos de la época a tal grado, que los mejores constructores de vidrio se encontraban directa o indirectamente relacionados con este establecimiento. Los nombres de Arago (descubridor de la polarización cromática), Biot (estudió las leyes de la polarización rotatoria), Foucault (midió la velocidad de la luz por el método de hacer rotar un espejo), Le Verrier (descubrió Neptuno), etc. Son ampliamente conocidos en la física; aunque realmente para nosotros es aún más conocido porque su director Mouchez, de 1878 a 1892, convocó al proyecto internacional de la *Carte du Ciel*, 1887⁸⁰. A partir de una simple descripción, Anguiano da cuenta de dos hechos importantes: a) del espacio físico donde los instrumentos que siguen en uso sirvieron para descubrimientos notables; y, b) del museo: “se ven varios instrumentos antiguos de que se han servido los astrónomos notables en estudios que han honrado y honrarán siempre á la Francia. Allí se ven los instrumentos del siglo último con que trabajaron Delambre, Lacaille, Lalande y otros; ahí están el fotómetro y el planiscopio de Arago y muchos prismas, espejos y vidrios de caras paralelas con que aquel ilustre astrónomo hizo sus experiencias sobre la

⁷⁸ Ver más adelante, cap. 4.

⁷⁹ ídem, p.17

⁸⁰ Ver cap. 3.

luz. Una colección bastante completa de fotografías de Observatorios astronómicos y de retratos de personas notables en la ciencia astronómica adorna los fondos de una hermosa sala de aquel Departamento.”⁸¹

El *Observatorio de Meudon*. Este establecimiento jugó un papel fundamental en la astrofísica, más que en la astronomía de posición. Su director, Janssen había conseguido algunas de las primeras y mejores fotografías de la superficie del sol, que muestran la granulación nítidamente. En 1927 se unió al observatorio de París. Tal parece que la visita al Observatorio de Meudon fue una de las más gratas impresiones de toda su estancia en Europa. Así lo manifiesta:

Este señor ha sido uno de los astrónomos que más vivo interés me ha manifestado por el establecimiento del Observatorio de Chapultepec, congratulándose sobre manera de que á la sombra de la paz progresen las ciencias, sobre todo la ciencia astronómica. “La ciencia, me decía el respetable Director, es lo que más debe contribuir al afianzamiento de la paz; fomentar aquella, es tanto como asegurar ésta, dándole una sólida base. El solo hecho de que vuestro Gobierno haya pensado seriamente en establecimientos como el del Observatorio Astronómico, es una prueba de que la paz se afianza en vuestro país, de lo que me congratulo sinceramente.” Así se expresaba aquel apóstol de la ciencia, cuyos estudios en astronomía física han contribuido y contribuirán poderosamente á los rápidos adelantos de aquel ramo de la ciencia moderna.⁸²

No es para menos la sorpresa de Anguiano. Janssen había equipado al observatorio con los últimos instrumentos de la época, y además sabía muy bien hacia dónde se dirigía la investigación astronómica. Así que la precisión alcanzada por el conocimiento y por el uso de los instrumentos no tuvo precedentes en la historia de la astrofísica. Las mejores fotos de la época se deben a él. Dice Anguiano:

El Sr. Janssen me obsequió con uno de sus estudios más importantes y con dos pequeñas, pero preciosas fotografías en vidrio, representando una el último cometa observado, y la otra unas manchas solares. La perfección de estas fotografías, lo mismo que todas las que ví en el Observatorio, llamándome sobre todo la atención las de las imágenes amplificadas del Sol, como de 80 centímetros de diámetro, tomadas de originales de 30 centímetros, y en que se veían con suma claridad las granulaciones del sol,

⁸¹ ídem, p. 25-26.

⁸² ídem, p.29. Grafía original.

dan á comprender desde luego los avances que ha hecho la fotografía celeste en manos de aquellos hábiles astrónomos del Observatorio de Meudon.⁸³

Observatorio de Berlín. Acompañado por los mexicanos Aldasoro y Navarro y su director Förster y del astrónomo Knorre, Anguiano comentó: “El grande ecuatorial, de 9 pulgadas de abertura y 14 piés de distancia focal, ha sido construido por Utzschneider y Fraunhoffer, cuya casa lleva hoy el nombre de Merz”⁸⁴. Por lo demás describe su historia de la Astronomía,

lo cual me hizo contemplarlo con esa especie de respeto y admiración que causan siempre los recuerdos de los grandes descubrimientos de la ciencia. Era el año de 1846, cuando Le Verrier, después de haber terminado sus importantes trabajos sobre la investigación de un planeta que debía producir las perturbaciones observadas en Urano, daba á conocer á varios astrónomos de Europa el resultado de sus cálculos, señalando con admirable precision el lugar que debia ocupar el planeta buscado. Uno de los astrónomos que fue favorecido con la carta del ilustre sabio frances, fue M. Galle, de Berlin, quien contestaba el 25 de Setiembre á Le Verrier en los siguientes términos: “El planeta cuya posicion habeis señalado, existe realmente. El mismo dia en que he recibido vuestra carta he encontrado una estrella de octava magnitud, que no se halla inscrita en la excelente carta Hora XXI (dibujada por el Dr. Bremiker), de la coleccion de cartas celestes publicadas por la Academia Real de Berlin. La observacion del dia siguiente vino á decidir que aquella estrella era el planeta buscado.” Pues bien, ese planeta que después ha llevado el nombre de Neptuno, fue descubierto por medio de aquel antejo, y que contemplaba yo sobrecogido por aquellos recuerdos que me infundian respecto al mismo lugar que pisaba.⁸⁵

Knorre utilizaba un dispositivo adaptado al ecuatorial para hacer observar hasta ciento veinte estrellas en quince minutos, determinando sin auxilio de otra persona tanto a declinación como la ascensión recta. Para aquel entonces ya había escrito un catálogo de 15,000 estrellas.

Observatorio de Postdam. Este establecimiento estuvo fuertemente relacionado con el de Berlín. Sus inicios fueron impulsados por varios interesados en la astrofísica. La institución comenzó sus actividades en 1874, después de una profunda indagación sobre cuáles debieron ser las líneas de

⁸³ ídem, p. 30.

⁸⁴ ídem, p. 38.

⁸⁵ ídem, p. 38-39.

investigación más apropiadas para este tipo de observatorios. Anguiano lo visitó acompañado de su director G. Spörer y una comisión que incluía a Kirchoff, Törster y Anwers. Los comentarios de nuestro astrónomo versan sobre los aspectos fuertes de este establecimiento: a) Astronomía física, b) Espectroscopía, fotografía celeste, c) Observación sobre diferencias de temperaturas en manchas solares, d) estudio de protuberancias, e) buscador de cometas y un fotómetro estelar, f) medición de manchas solares, en imágenes fotográficas, g) heliostato, h) astronomía telúrica, observaciones magnéticas.

Observatorio de Viena. Anguiano es especialmente cuidadoso para los detalles arquitectónicos de los establecimientos que visitó en Europa. Recordemos que es significativo seguir estos detalles porque era su objetivo principal y porque debía tener mucho cuidado en trasplantar la idea de la instalación en su proyecto de construcción en México. Dice:

Ninguno de los Observatorios que he visitado en europa me ha llamado tanto la atención como el suntuoso y elegante Observatorio de Viena. Construido recientemente en un lugar admirablemente elegido y bajo las condiciones que requiere la ciencia moderna; estudiado en todos sus detalles en vista de sus adelantos que en los observatorios de más nombre pudo conocer el ilustre astrónomo á quien se encomendó el estudio general del proyecto; no pude ménos que, al ser encargado por el Supremo Gobierno de la formación de un proyecto para el Observatorio Nacional, según manifestaré más adelante, tomar como tipo para mi estudio arquitectónico el hermoso Observatorio de Viena.⁸⁶

Anguiano cuenta que, al igual que él mismo, el asistente de Littrow y futuro director del Observatorio, Dr. Weiss, hizo una visita a los observatorios y fábricas de instrumentos más renombrados tanto de Europa como de otras partes. A partir de ello, se formó una idea más clara de lo que más convenía para el observatorio, empezando la construcción en 1874 y terminando en 1880, tres años después de la muerte de Littrow.

La arquitectura le sorprendió y de ello da muestra en vario párrafos; sin embargo, las cúpulas y el gran refractor de 27 pulgadas de abertura y 33 pies de distancia focal son centro de sus comentarios: Por un lado, la cúpula pesa 15 toneladas; no obstante, los veinte juegos de ruedas, cada una de 3 ruedas de 2 pies de diámetro, hacen que “solo 7 libras” baste para moverla ya en su

⁸⁶ idem, p. 74.

posición definitiva; dado todo un sistema de engranajes y poleas. El peso incluye un sistema muy particular: la cubierta de la cúpula es de acero mientras que el interior es de madera. Por otro lado, el gran refractor ofrecía ventajas sobre otros sistemas; como el hecho, de que no era necesario variar el anteojo con el cambio de meridiano. Todo esto con el acierto de Grubb, al cambiar el punto mecánico de los ejes desde los cuales se adquieren todos los movimientos con sus grados de libertad. Ambos sistemas tratarán de incorporarlos al observatorio del que es responsable.

Observatorio de Ginebra. Todos los instrumentos fueron fabricados en Alemania y Suiza, de tal suerte que todo tiene mecanismos funcionando con la precisión de un reloj. Así, los cronógrafos marchan al parejo de los péndulos comparándose mutuamente y con otros exteriores de uso exclusivo para la marina. Sistemas óptico-mecánicos para hacer lecturas de mediciones; sistemas de contrapeso para los anteojos, etc; son algunas de las innovaciones técnicas que percibió Anguiano en esta visita. Los 7 metros de diámetro de la cúpula albergan al anteojo ecuatorial de 10 pulgadas de diámetro. Anguiano señala que sustituyen el sistema de relojería por uno que funciona con una turbina hidráulica, que regula la velocidad del instrumento, para seguir un astro, de acuerdo a un mecanismo que a su vez regula la fuerza de la turbina; el observador es quien regula todo el mecanismo, por medio de una llave que sirve,

para dejar pasar la cantidad de agua que se necesite y darle á la turbina la fuerza que se desea. La pequeña turbina hace girar una varilla con articulaciones semejantes á las que tienen las varillas de los grandes anteojos que comunican con los tornillos de presión ó de aproximación. Por una combinación muy sencilla la varilla hace girar un tornillo sin fin, en donde engrana una rueda dentada, que va fija al círculo horario. Para detener al instrumento en un instante dado, el observador hace uso de la otra varilla que comunica con un tornillo de presión que fija ó deja libre una placa en la que se halla el tornillo sin fin; la placa, estando libre, puede moverse en el sentido de la longitud; así es que aflojando el tornillo de presión, la varilla de la turbina al hacer girar el tornillo sin fin, produce á la vez un movimiento longitudinal en éste, sin que pueda obrar sobre el círculo horario; y si se ha cerrado á la vez la llave que da libre curso al agua, el movimiento de la placa y del tornillo continúa hasta que pierde la varilla de la turbina su velocidad adquirida.⁸⁷

⁸⁷ ídem, p. 65-66.

Apenas si podemos imaginarnos un sistema de este tipo establecido en nuestro país. Las condiciones materiales no sólo magras sino inestables, hubieran desfalcado al país con una instalación de este tipo. No debemos dudar de la capacidad técnica de los ingenieros y científicos mexicanos; sin embargo, por mucho que existan los recursos naturales para accionar mecanismos como los descritos arriba, era mayor la presión política ejercida en contra de los distintos gobiernos posteriores a la independencia.

Observatorio de San Fernando. Este establecimiento es quizá el más significativo si lo planteamos desde una perspectiva práctica, ya que fue construido con miras a no depender tanto de los libros náuticos de Inglaterra y Francia. Y no sólo eso: desde el siglo XVIII, Cádiz y San Fernando se volvieron el centro de los navegantes, marinos y pilotos de España y de otras regiones del mediterráneo. No es de extrañar que por esa razón su biblioteca sea enorme para la época, y es una lástima que Anguiano no haya indagado más sobre su archivo histórico. Dice: “El Sr. D. Agustín Antuniano, Cónsul de México en Cádiz, tuvo la bondad de acompañarme, y ambos hemos recibido muestras de fina atención del ilustrado director (Cecilio Pujazon) del Observatorio Naval de España.”⁸⁸.

Anguiano le llama también “Observatorio de Marina de San Fernando”, por el nombre inscrito en la fachada del establecimiento. Nos deja entrever que existe un archivo, sin dar mayor información al respecto. “La biblioteca del Observatorio es magnífica; encierra como diez mil volúmenes, distribuidos en tres salas que ocupan la parte alta y posterior del edificio, con la clasificación siguiente: en la sala del Oeste, obras de astronomía, de matemáticas, de física, etc; en la central, miscelánea; y en la del Este publicaciones periódicas.”⁸⁹. Anguiano no advirtió la importancia de esos volúmenes. Nos referimos a que seguramente entre ellos habrán estado el *Almanaque náutico* publicado por primera vez en 1792; además, antes de que se trasladara a San Fernando el establecimiento recogió todos los libros que se habían escrito desde la fundación de la Casa de Contratación de Sevilla; y seguramente, habría albergado documentos sobre las cátedras de Cosmografía, Astronomía práctica, etc. que la Corona retomaría para el conocimiento de sus colonias.⁹⁰

⁸⁸ ídem, p. 69.

⁸⁹ ídem, p. 72

⁹⁰ Ver capítulo 4 de este trabajo.

Posteriormente menciona que los trabajos del Observatorio “consisten especialmente en estudios de astronomía matemática; el almanaque que anualmente se publica el Observatorio con la debida anticipación para el uso especial de la marina, da desde luego una idea del adelanto á que ha llegado aquel importante Establecimiento, siendo además una escuela práctica, de donde salen anualmente jóvenes aptos para la marina.”⁹¹ Anguiano tampoco logró advertir que el motivo inicial para crear este observatorio había sido la expedición al Ecuador para medir el achatamiento de la tierra en los polos, como lo había manifestado Newton. Posterior a su fundación, y dado el excelente funcionamiento del mismo, otras expediciones coronarían sus actividades cotidianas; además, desde principios del siglo XIX, empezaron a trabajar sobre la cartografía no sólo de España, sino de Europa occidental. Sin embargo, para este entonces, España se vio imposibilitada a detener el proceso emancipatorio de sus colonias, al grado que se fue apagando la actividad no solo teórica, sino práctica.

2.3. La propuesta: Observatorio Astronómico Nacional en Chapultepec.

El 18 de Diciembre de 1876 se decretó el establecimiento del Observatorio Astronómico Nacional de Chapultepec; sin embargo, las obras materiales empezaron hasta el 16 de Mayo de 1877. Se inauguró un año después, el simbólico 5 de Mayo de 1878, con un departamento concluido, y cuya primera actividad fue la observación de estrellas para determinar el tiempo y como medida preparatoria para el Paso de Venus.

De los instrumentos instalados sabemos que contaban con un Altazimut, un péndulo, dos cronómetros marinos y un cronógrafo. La propuesta incluía los siguientes departamentos: a) Astronomía Matemática, b) Astronomía Física, c) Magnético, d) Telúrico, e) Meteorológico Nacional, f) Prácticas, g) Sección de Cartografía, h) Oficina central para comisiones geográficas, y i) tres habitaciones para astrónomos que vivan ahí. Sin embargo, dice Anguiano:

arreglado así el edificio y estando ya en construcción los instrumentos de que he hablado al principio de esta Memoria, el supremo Gobierno ha resuelto mudar el Observatorio á otro lugar, disponiendo que continúe en Chapultepec solamente este año. Ó más bien, debe creerse, todo el tiempo que tarde la construcción del nuevo Observatorio, por lo ménos de las partes

⁹¹ ibidem, p. 72.

más indispensables para montar los instrumentos. Sin entrar en el examen de las razones que el Supremo Poder Ejecutivo haya podido tener al tomar tal resolución, ni siendo otro mi objetivo que relatar fielmente los hechos, para que se conozca el estado que actualmente guarda el Observatorio que tal vez tiene que pasar todavía por fuertes vicisitudes para su completo y definitivo establecimiento; creyendo, por otra parte, haber cumplido, en la esfera de mis facultades, con los deberes que tengo como Director del Observatorio, en un asunto que afecta tan íntimamente á los intereses de aquel establecimiento, sólo me toca ahora manifestar la urgencia de dar principio á la obra lo más pronto posible, y manifestar las condiciones que debe llenar el nuevo Observatorio, á la vez que explicar el pensamiento que me ha guiado en el estudio del proyecto que acompaño á esta Memoria, y cuya aprobación está pendiente todavía del Supremo Gobierno, por haberse presentado, según creo, alguna dificultad respecto al lugar que se ha elegido para la instalación del nuevo edificio.⁹²

Las condiciones que debía llenar el nuevo establecimiento eran: la firmeza del terreno para lograr la estabilidad que requieren los instrumentos; una posición que dominara con amplitud el cielo; y, el mayor aislamiento posible. Anguiano es determinante en su decisión: “Como se ve, tratándose del Valle de México, ningun punto llena tan satisfactoriamente las condiciones anteriores como el Cerro de Chapultepec.”⁹³ Sin embargo, las instrucciones del Ejecutivo, mediante la Secretaría de Fomento, estaban ya establecidas: “El gobierno ha resuelto que el lugar que actualmente ocupa el Colegio Militar en Tacubaya, que es el antiguo Arzobispado, sea el que se destine para el establecimiento de los Observatorios, una vez que se mude á Chapultepec aquel Colegio.”⁹⁴

La resignación se manifiesta en la carta que le envía al Secretario de Fomento, fechada el 15 de abril de 1882:

Mi proyecto ha sido hecho para ser construido en el centro de la huerta del actual Colegio Militar, pero como no está subordinado á ninguna construcción, y siendo mi idea que las habitaciones queden con entera independencia del Observatorio propiamente dicho, es claro que puede convenir á cualquier terreno que se eligiese, siempre que éste llene todas las condiciones que requiere el caso.⁹⁵

⁹² ibidem, p.91-92.

⁹³ ídem, p. 93.

⁹⁴ ídem

⁹⁵ ibidem, p. 95-96

En principio la edificación y sus remodelaciones cubrían las necesidades de espacio. Las tres torres tenían funciones específicas: a) la torre principal, con 7m10 debía contener el Gran Ecuatorial; b) la occidental, para dos ecuatoriales más pequeños; c) la oriental, para el altazimut; y, d) la norte, para un buscador de cometas. Además, había cuatro salas: la oriental albergaría el círculo meridiano de 8 pulgadas; la occidental, para un telescopio de tránsitos de 15 centímetros de apertura; y otras dos aledañas a ésta: una para el telescopio cenital, y la otra para estudios geodésicos e instrumentos auxiliares. Finalmente, Anguiano propone los siguientes departamentos:

- a) Observatorio Astronómico Matemático
- b) Astronomía Física
- c) Fotografía Celeste
- d) Observatorio Magnético
- e) Observatorio Meteorológico
- f) Observatorio para prácticas
- g) Sección de cartografía
- h) Geodésico
- i) Geografía. Centro de Comisiones.

Lo que vemos es un cuadro que centraliza todas las aspiraciones (incisos a, b, c, d, e.), y todas las necesidades (incisos f, g, h, i). Se ve claramente que la influencia de los observatorios europeos está presente más en las primeras que en las segundas. Además, debemos considerar que Anguiano estaba pensando en términos a largo plazo, mientras que el gobierno sólo pensaba en proyectar una imagen en el extranjero; esto es, respondía más a intereses ideológicos, que a la necesidad de institucionalizar la astronomía de posición a largo plazo. No obstante, Anguiano se adaptaría al presupuesto, a los cambios bruscos en el sitio donde debía instalarse, y a las necesidades más apremiantes del país. Más adelante veremos que finalmente, las prácticas eran llevadas a cabo en el Observatorio Astronómico Central que funcionaba en el Palacio Nacional desde 1877. Por otra parte, también veremos que el observatorio de Tacubaya centró sus actividades en los problemas geográficos que habían quedado pendientes apenas una generación antes de la emergencia de los observatorios; esto es, desde el Tratado de La Mesilla, a mediados del siglo XIX.⁹⁶

⁹⁶ Ver capítulo 4.

2.4. La respuesta: Observatorio Astronómico Nacional en Tacubaya

La vida en el Observatorio en el Castillo de Chapultepec duró muy poco, apenas cuatro años. El último gran evento registrado es la observación del tránsito de Venus en Diciembre de 1882. Inmediatamente después, se procedió a desmontar todos los instrumentos y equipos auxiliares para ser trasladados al edificio anteriormente asignado para el Colegio Militar. El nuevo observatorio ya en Tacubaya pretendía iniciar actividades en enero de 1883, para lo cual Anguiano había dispuesto empezar el proyecto en octubre de 1882. Sin embargo, desde junio de 1883 quedó todo paralizado por la falta de fondos. Además se había gastado una fortuna al adquirir instrumentos que se habían mandado hacer a Europa. Dice Anguiano: “Al Observatorio llegaron, estando ya en Tacubaya, los demas instrumentos mandados hacer en Europa, siendo los principales, el Grande Ecuatorial de 15 pulgadas inglesas de abertura, y un Círculo Meridiano de 8 pulgadas. Nos encontrábamos, por lo mismo, con preciosos elementos para un Observatorio de primer orden, pero sin poder hacer uso todavía de ninguno de los instrumentos principales.”⁹⁷

Habíamos postulado desde un principio, regresaremos continuamente a ello, que la geografía fue la columna vertebral de todas las actividades tanto tecnológicas como científicas dentro del programa de trabajo del observatorio. Un comentario de este informe nos recuerda la primacía de los estudios geográficos de carácter práctico, sobre los astronómicos de carácter teórico: “Convenia ántes que todo instalar el Altazimut, para seguir haciendo aquellas observaciones que más importaba hacer, como son las de tiempo y las culminaciones lunares, elementos necesarios para los estudios de longitud del mismo Observatorio y de las comisiones geográficas que suelen pedir aquellos datos.”⁹⁸

Los instrumentos que llegaron de Europa habían sufrido oxidación o en el mejor de los casos humedad; tanto Mayor Antonio Flores, como Atanasio Jiménez, prestaron servicios no sólo de limpieza general sino de reparación y montaje de los instrumentos. Anguiano le llama al segundo, “modesto artesano mexicano” al subrayar la eficacia de su trabajo. El ecuatorial fotográfico debió tener una partida especial del presupuesto; sin embargo, fue

⁹⁷ Anguiano, A.(1883-1885), *Informe que presenta el que suscribe á la Secretaría de Fomento, de los trabajos, tanto científicos como materiales, hechos en el Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, desde el día 1° de enero de 1883 hasta el 30 de Junio de 1885*, p. 131-179, en Anuario para el año 1887, edición VII, p. 132.

⁹⁸ ídem,

hasta julio de 1883 que se pudo comenzar la construcción en un departamento provisional y terminó hasta el 21 de marzo de 1884; mientras que el Altazimut funcionaba de manera regular y el círculo meridiano quedó sujeto a unos cimientos sin continuar su instalación total.

Finalmente, hasta febrero de 1885 lograron instalar el ecuatorial fotográfico⁹⁹. El departamento de fotoheliómetro, que consta de tres piezas, quedó construido en el segundo semestre de 1886. Además para estas fechas se había logrado algo muy importante: el Teniente Coronel Teodoro Quintana se haría cargo de todo lo relacionado con la fotografía del observatorio, que en compañía de Felipe Valle, se encargaron, por lo pronto, de la instalación y estudio del ecuatorial.

Con estos dos acontecimientos, dice Anguiano, “hemos comenzado á dar los primeros pasos; la experiencia y práctica científica en uno de los ramos de la Astronomía, nuevo e inexplorado entre nosotros, nos indicará el camino que debemos seguir en vista de los frutos que aguardo ver muy pronto recogidos.”¹⁰⁰

A lo largo de los informes se pueden encontrar la evolución de los intereses en las investigaciones; así como la aparentemente interminable construcción en Tacubaya. Señalaremos sólo algunos aspectos que se encuentran explícitos en los informes sobre la construcción: hacia 1887, se tenía parte del poste de la torre oriental y el muro circular del torreón destinado al ecuatorial fotográfico. Sin embargo, “toda la obra anterior pertenece á la construcción definitiva del Observatorio; pero fuera de eso ha habido necesidad de distraer una parte de los fondos, ó bien en construcciones provisionales que ha exigido la instalación urgente de otros instrumentos, ó bien en reparaciones de notoria urgencia en el antiguo edificio.”¹⁰¹

Concluye diciendo: “El Observatorio actualmente con cuatro departamentos perfectamente distintos y uno común á todos, podemos decir. Son aquellos, el que ocupa el altazimut, la sala meridiana, el del ecuatorial y el departamento fotográfico: el común á todos y que actualmente ocupa un lugar especial en el destinado á los registradores de tiempo y al telégrafo. Fuera de

⁹⁹ Anguiano, A. (1885) *Trabajos recientes en el Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya*, p. 67-78, en Anuario para el año 1888, edición VIII, p. 69.

¹⁰⁰ ídem, p. 73.

¹⁰¹ Anguiano, A. (1887-1888), *Informe general que presenta el que suscribe, á la Secretaría de Fomento sobre los trabajos científicos y materiales, ejecutados en el Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, durante el año fiscal de 1887 á 1888*, p. 212-273, en Anuario para el año 1889, edición IX, p. 218.

estos que son los que forman el Observatorio Astronómico propiamente dicho, existe el Observatorio Meteorológico y la Biblioteca.”¹⁰² La biblioteca hasta julio de 1888, contenía cerca de 800 volúmenes empastados.

Tres años después estos mismos departamentos quedarían prácticamente iguales; más algunos detalles de muros y techo de la biblioteca, la cual había aumentado en 300 volúmenes.¹⁰³ Además se había iniciado la publicación del “Boletín”, que hasta ahora para nosotros sirve de fuente primaria, ya que ahí se publicaron artículos de carácter tecnológico, científico, divulgativo, de información, noticiero, traducciones, etc.¹⁰⁴

Hacia agosto de 1892, en la obra material no había avanzado mucho; sólo quedaba terminada la fachada; mientras que los departamentos más importantes no fueron modificados. La biblioteca había crecido ya a 1590 volúmenes y siguieron apareciendo, de manera continua, los siguientes números del “Boletín”. Nos resta señalar, no obstante, que hubo una serie de adversidades de gran relevancia para las actividades propuestas del observatorio. Nos dice Anguiano, “en el año fiscal de 1891 á 1892, (...) han tenido lugar algunos incidentes que por fuerza y á mi pesar han influido desfavorablemente en la parte científica de nuestros trabajos.”¹⁰⁵

El primero se trataba de la muerte del escribiente del Observatorio, acaecida el 2 de Junio de 1891, por la que carecieron de los servicios que prestaba hasta el 28 de Julio en que se nombró la persona que debía sucederle.

El nombramiento de Felipe Valle en la Comisión Científica que debía encargarse del restablecimiento de los monumentos en la línea divisoria entre México y Estados Unidos del Norte, en octubre de ese mismo año; este hecho dejó vacante el empleo de Primer Ayudante que ocupaba en este Observatorio. Valentín Gama, dejó de ser el conserje por igual causa al recibir también un empleo en la misma Comisión, “debiendo advertir que aunque el Sr. Gama llevaba el nombre de conserje, era más bien un ayudante científico del Observatorio; pues al Ministerio le son conocidos ya sin duda, el talento,

¹⁰² ídem, p. 221.

¹⁰³ Anguiano, A. (1890-1891), *Informe que presenta el que suscribe á la Secretaría de Fomento sobre los trabajos hechos en el Observatorio Astronómico nacional de Tacubaya, durante el año fiscal de 1890 á 1891*, p. 72-110, en Anuario para el año 1993, edición XIII, p. 80.

¹⁰⁴ ibidem, p 108-110.

¹⁰⁵ Anguiano, A. (1891-1892), *Informe que presenta el que suscribe á la Secretaría de Fomento sobre los trabajos hechos en el Observatorio Astronómico nacional de Tacubaya, durante el año fiscal de 1891 á 1892*, p. 76-109, en Anuario para el año 1994, edición XIV, p. 76-77.

laboriosidad y sólida instrucción de aquel joven ingeniero; así es que su separación del Observatorio fue notablemente resentida, lo mismo que la del Sr. Valle, bastante conocido ya por sus trabajos científicos.”¹⁰⁶

Así que como Primer Ayudante quedó Puga y su lugar fue ocupado por Rodríguez Rey, y como calculador fue nombrado Abel Díaz Covarrubias, estos nombramientos fueron hechos con carácter de interinos. A Valentín Gama lo sustituyó Manuel Moncada.

Para Diciembre de 1891, González fue nombrado astrónomo adjunto de la misma Comisión de Límites entre los Estados Unidos, cuyo empleo permaneció vacante más de dos meses, pues hasta el 5 de Marzo de ese mismo año fue nombrado para cubrirlo Francisco Garibay, quien a su vez se separó de su empleo a los dos meses de haberlo ocupado, entrando en su lugar José Tamborrel que también acaba de separarse del Observatorio por razón de enfermedad.

Y finalmente, hubo otro cambio temporal: “El Sr. Moreno encargado de los registros cronográficos pidió una licencia por seis meses, que le fue concedida á comenzar desde el 15 de Enero, viniendo á sustituirlo entretanto el Sr. Antonio Gómez.”¹⁰⁷

Coincide con esta época, la enfermedad de Teodoro Quintana, para la que pidió dos meses de rehabilitación; y en plena actividad para los trabajos fotográficos pidió otros seis meses adicionales por razones personales. Además, se habían extraviado 10 docenas de placas fotográficas en Veracruz, que fueron imposibles de recuperar.

Para el siguiente año fiscal, desde junio de 1893, Felipe Valle había pedido un permiso de seis meses, acabados los cuales (en enero de 1894) se reincorporó pero para los trabajos relacionados con la Comisión de Límites¹⁰⁸. En cuanto la obra material, finalmente quedaron acabados los salones destinados a los calculadores y a la biblioteca, guardando ésta, hacia junio de 1894, la cantidad de 2000 volúmenes.

¹⁰⁶ ídem, p. 78.

¹⁰⁷ ídem, p. 76-77

¹⁰⁸ Anguiano, A. (1893-1894), *Informe que presenta el que suscribe á la Secretaría de Fomento sobre los trabajos hechos en el Observatorio Astronómico nacional de Tacubaya, durante el año fiscal de 1893 á 1894*, p. 115-143. en Anuario para el año 1896, edición XVI, p. 117.

Desde los informes anteriores, Anguiano escribe con un tono de queja y sinceridad, que lo hacen ver agobiado frente a las ya de por sí amenazas a su trabajo como los bajos recursos que el gobierno destinaba al observatorio. Dice:

los 6000 pesos fijados en el presupuesto para el objeto indicado y que he recibido con toda regularidad, es á todas luces una cantidad insignificante y aun inconveniente en un obra en que todas y cada una de las partes son de cierta importancia y de tal naturaleza que al no quedar terminada alguna de ellas en la estación seca, determinaría en la de aguas y un poco después, reparaciones que aunque pequeñas, son de todos modos contra la debida economía.¹⁰⁹

Sin embargo, lo más agravante de todo y ya viéndolo a la distancia (nos separan 100 años), Anguiano señala su preocupación por la falta de promoción en los estudios astronómicos. Se refiero a la clausura de “clases profesionales de Ingeniero Geógrafo ó de Astrónomo”.¹¹⁰ Sabemos que uno de los principales problemas hacia 1942, fue la falta de astrofísicos, precisamente porque no hubo cátedras destinadas a ello, para la institucionalización de la astrofísica en México, de la que Guillermo Haro fue pionero.

Hacia finales de 1897 se dieron mejoras notables en Tacubaya. Dice Anguiano: “El aumento de trabajo, debido á la instalación de los instrumentos de medidas y á la que se hará próximamente de los nuevos aparatos magnéticos, me obligo á introducir algunas reformas en la distribución de las labores y á dar á éstas una nueva reglamentación. El Departamento Astrofotográfico quedó dividido por razón natural en las tres secciones siguientes: Sección primera de observación; Sección segunda de medidas; Sección tercera de cálculos. La primera quedó á cargo del Sr. Quintana, la segunda del Sr. Chacón y la tercera del Sr. López. El Sr. Puga pasó á reemplazar al Sr. López en la Sala Meridiana.”¹¹¹ Otro cambio se registró en la biblioteca: Manuel Moreno y Anda trabajó hasta ese momento en ella para hacerse cargo de los trabajos meteorológicos, y en su lugar quedó Benjamín Anguiano.

¹⁰⁹ Anguiano, A. (1894-1895), *Informe que presenta el Ing. Ángel Anguiano á la Secretaría de Fomento sobre los trabajos hechos en el Observatorio Astronómico nacional de Tacubaya, durante el año fiscal de 1894 á 1895*, en Anuario para el año 1897, edición XVII, p. 82-184.

¹¹⁰ ídem, p. 105.

¹¹¹ Anguiano, A. (1896-1898), *Informe que presenta el que suscribe á la Secretaría de Fomento sobre los trabajos, tanto científicos y materiales, hechos en el Observatorio Astronómico nacional de Tacubaya, durante los años fiscales de 1896 á 1897 y de 1897 á 1898*, p. 124-150, en Anuario para el año 1900, edición XX, p. 126.

Con un sesgo de hartazgo, pero aún de energía suficiente para seguir trabajando por otros tantos años, Anguiano escribe en su último informe el 1 de marzo de 1899:

Este es mi último informe del Observatorio, que tengo que rendir al Ministerio del digno cargo de Vd., por cuyo motivo había deseado hacerlo con mayor extensión; pero me lo impiden dos causas: primera, la orden de Vd. de presentarlo cuanto antes, y la segunda, las dobles atenciones que tengo en estos momentos en el Observatorio y en la Comisión Geodésica.¹¹²

2.5. Conclusiones

En efecto, habían pasado 22 años de trabajos ininterrumpidos, a pesar de un cambio brusco de instalaciones, y para finales de siglo, las condiciones tanto de la sociedad, como del gobierno, y por consiguiente del observatorio, también habían cambiado. El hartazgo es evidente en las palabras de Anguiano. Esta resignación nos recuerda a la de Salazar Ilarregui quien, siendo el comisionado para la determinación de los límites en la frontera norte, fue arrestado por insistir en trabajar con escolta.¹¹³ Anguiano, por su parte, contaba con toda la responsabilidad de una institución enteramente nueva en la historia de México. Además todas las actividades estaban centradas en su persona. Sabemos que dejó la dirección del observatorio porque las prioridades del gobierno habían cambiado: ahora sería director de la Comisión Geodésica, en la que ya había estado haciendo algunas actividades. De hecho, debemos preguntarnos si fue casualidad que en estas condiciones se nombrara a Anguiano para una tarea de carácter distinto. La respuesta, como veremos en la siguiente parte de este trabajo, muestra que la debemos pensar como una continuidad más que como una ruptura; en otras palabras, el Observatorio Astronómico Nacional es el antecedente de dicha comisión.

¹¹² ídem.

¹¹³ Ver capítulo 4.

PARTE 2

Capítulo 3. Trabajos fotográficos

- 4.0 Objetivo, p.59
- 3.5. El proceso de asimilación de la fotografía, p.59
- 3.6. La fotografía y el tránsito de Venus, p.65
- 3.7. El Congreso Astrofotográfico y la *Carte du Ciel*, p.73
- 3.8. Conclusión, p.84

Capítulo 4. Los trabajos geográficos

- 5.0. Objetivo, p. 85
- 4.2 Introducción, p. 86
- 4.9. La astronomía de posición en la geografía mexicana, p. 96
- 4.10. Meridianos universales, p. 103
- 4.11. El Observatorio Astronómico Central en Palacio Nacional, p. 109
- 4.12. La medición de las longitudes entre observatorios fijos, p. 115
- 4.13. Las primeras observaciones, p. 120
- 4.14. La Sección Geográfica-Astronómica, p. 126
- 4.15. Conclusión, p. 132

CAPÍTULO 3. TRABAJOS FOTOGRÁFICOS

3.0. Objetivo

Durante la segunda mitad del siglo XIX hubo dos desarrollos científicos que transformaron la Astronomía. El espectroscopio arrojó mucha información sobre la estructura y composición química de las estrellas; mientras que las placas fotográficas reemplazaron al ojo humano y, unido al espectroscopio, fundaron lo que ahora conocemos como Astrofísica. El mejoramiento de los materiales fotográficos y la solución de los diversos problemas conectados con los instrumentos fotográficos hicieron su uso muy atractivo.

En el primer subcapítulo, veremos que hacia fines de la década de los 1880's, momento decisivo para el desarrollo del Observatorio Astronómico Nacional, la fotografía fue considerada como una herramienta de investigación apropiada, después de cinco décadas de experimentación, vacilaciones, dudas y finalmente, de asimilación. En el segundo, hacemos notar la importancia que tuvo el tránsito de Venus por el disco solar para la fotografía; y finalmente, el tercero muestra lo que con el tiempo constituiría el programa de trabajo que le diera más reconocimiento al Observatorio Astronómico Nacional a nivel internacional: la *Carte du Ciel*.

3.1. El proceso de asimilación de la fotografía en la Astronomía

En la década de los 40's del siglo XIX encontramos los siguientes logros: el primer registro fue un daguerrotipo de la Luna obtenido por J. W. Draper en 1840; el eclipse solar por Majocchi, en 1842; el del espectro del Sol por Draper, en 1843; y, el del Sol, por Foucault y Fizeau, 1845.

Después de hacerse público en 1839, y durante los siguientes doce años, el daguerrotipo se convirtió en el material estándar para la fotografía. Pronto se dieron cuenta de cómo aumentar la sensibilidad. El astrónomo Bond, usando un telescopio refractor de 38 cm en Harvard y con ayuda de fotógrafos comerciales, obtuvo un daguerrotipo de la Luna. Una década después publicó sus investigaciones que apuntaban hacia procesos innovadores; esto es, pronto notaría que le podía dar otro uso a los registros fotográficos; de aquí nació la Astrometría. Y no sólo eso: realizó registros con una precisión de muy pocos minutos de arco en observaciones sobre grupos y cúmulos de estrellas que a

un observador con micrómetro le llevaría meses para medir. Además, solucionó una ecuación para obtener la imagen del registro, que según él, era proporcional a la duración de la exposición.

Posteriormente, De la Rue emuló el trabajo de Bond. Las variantes que realizó fueron, por ejemplo, la vista estereoscópica, que utilizó para estudiar las libraciones y los rasgos superficiales de la Luna. Sus resultados no siempre fueron afortunados, aunque los llegó a publicar. Motivado por sus trabajos, J. Herschel, hijo de William Herschel, pidió un presupuesto a De la Rue para construir un heliógrafo para el Observatorio de Kew, con el que De la Rue se trasladó a España para comprobar el origen solar de las prominencias.

Ya en la década de los 60's, los norteamericanos Rutherford y Draper, autofinanciaron la construcción de instrumentos y dispositivos fotográficos de manera independiente. Las fotografías de Rutherford fueron medidas con máquinas de su propio diseño y construcción. Pero no sólo se inclinó por la Astrometría, sino que estaba entusiasmado por la naciente Astrofísica. Buscando la máxima dispersión, experimentó con prismas de vidrio y algunos huecos rellenos de compuestos químicos. Armó una serie de 15 placas trasapeladas para formar un mapa fotográfico del espectro solar de 2 metros de longitud; experimento que repitió una década después con 28 placas que cubrían el espectro desde la región del verde hasta el ultravioleta, que medía 3 metros de longitud. Además construyó una rendija de difracción que producía más de 6,000 líneas por centímetro.

Draper produjo más de 100 espejos desde 1 cm. a 48 cm. de diámetro que le sirvieron para armar y comparar telescopios, tanto reflectores, como refractores. Desde luego, cuando vio la necesidad del montaje de los mismo, los construyó. Con todos sus aparatos probó las distintas capacidades fotográficas de dos tipos de telescopios. Construyó 7 tipos diferentes de relojes. De 1872 a 1882, Draper diseñó por lo menos una docena de instrumentos, que iban desde un prisma de cuarzo, hasta un espectroscopio con varios prismas en serie.¹¹⁴

El instrumento que Draper usó más frecuentemente los últimos años de su vida incluyó un espectroscopio Browning con dos prismas flint de 60°. Con ello lograba un espectro que se extendía desde un punto de azul entre la clase espectral G y F, hasta el ultravioleta; con exposiciones desde 5 segundos hasta

¹¹⁴ Es necesario señalar que Draper hizo otro gran aporte cuando pudo reproducir una fotografía del espectro de refracción del Sol, en 1873; ver sección 1 y 5 de los artículos de Hentschel (1999a) y (1999b).

varias horas. En 1882, pudo registrar espectros de cometas y el espectro con estrellas de 10^a magnitud en la región de M42. A su muerte, su esposa donó una colección de 78 espectrogramas a astrónomos profesionales para su medición y discusión. Más tarde donó lo que posteriormente se conoció como el Catálogo Henry Draper (1918-24).

En Europa, un joven oficinista del Cuerpo de Ingenieros de la Armada Francesa, Laussedat (1819-1907), también hizo aportes significativos a la instrumentación fotográfica. Pronto aplicó la fotografía al mapeo topográfico. Los instrumentos que diseñó para registrar eclipses solares durante la década de los 1860's, tuvieron un impacto significativo en los planes franceses para la observación del tránsito de Venus en 1894, además de tener cierto impacto en la Comisión norteamericana. El trabajo de Laussedat alcanzó a la Comunidad Astronómica Internacional en mayo de 1870 cuando el director del Observatorio de París, Faye, presentó una cita extensa de él, en la memoria a la Academia sobre la aplicación de la fotografía del tránsito de Venus.

El desarrollo de la química para la fotografía

Las placas húmedas limitaban por mucho su uso en las nuevas líneas de investigación. Ya en 1854, investigadores franceses y británicos utilizaron placas secas, y hacia mediados de la década de los 1860's se había alcanzado un progreso significativo en la emulsión de colodión seco. El tránsito de Venus de 1884 fue fotografiado con colodión seco por las comisiones británicas y alemanas. La fórmula más típica del colodión seco era la siguiente: a la mezcla de colodión estándar se agrega bromuro de zinc y una pequeña cantidad de ácido nítrico. Luego, se adicionaba una solución de nitrato de plata en agua y alcohol. El resultado era una emulsión de bromuro de plata en suspensión: esto le permitía madurar y luego derramarse a un plato, de tal manera que los solventes pudieran evaporarse. Quedaba, entonces, una sustancia gelatinosa que se lavaba para quitar sales solubles. Una vez seco, el material se disolvía en alcohol y éter, y se aplicaba a una placa de vidrio.

Con esto se lograba una sensibilidad mucho mayor. Fue tal el éxito, que los investigadores empezaron a buscar sustitutos del colodión. El resultado era el proceso de emulsión gelatinosa en la que la sal de plata se emulsificaba en gelatina. Pronto se encontró que la velocidad de este nuevo material fotográfico podía mejorarse significativamente, aún para una exposición

prolongada de calor por adición de amoniaco. De tal manera, se abrían nuevas posibilidades para la fotografía astronómica a través del uso de placas secas rápidas que podían ser expuestas el tiempo suficiente para que el astrónomo pudiera regular el telescopio.

En cuarenta años, de 1839 a 1880, el incremento de sensibilidad de material fotográfico para la exposición de objetos terrestres fue de 30 minutos para el daguerrotipo; 10 segundos para la plata mojada de colodión; 15 segundos para la emulsión de colodión seco; y, 1/15 de segundo para la emulsión gelatinosa rápida.

Tabla 1. Incremento comparativo en sensibilidad de materiales fotográficos, 1883-1880.¹¹⁵

Material	Tiempo mínimo de exposición
Daguerrotipo original	30 minutos
Colodión (placa húmeda)	10 segundos
Emulsión de colodión (colodión seco)	15 segundos
Emulsión de gelatina rápida (placas húmedas)	1/15 segundos

El interés que iba despertando la fotografía ya como parte de la Astronomía se vio impulsado por varios factores: el mejoramiento de la sensibilidad, la calidad misma de los materiales fotográficos y el desarrollo de nuevos instrumentos especializados. Pero quizá el más determinante de todos fue el desarrollo de la Astrofísica.

Algunos astrónomos amateurs tomaban la iniciativa de registrar en placas fotográficas algunos aspectos del cielo, reiterando con ello, la utilidad en la Astrofísica. Durante 20 años David Gill (1843-1914), quien después sería director del *Royal Observatory* en el Cabo de Buena Esperanza, había estudiado a la Luna como astrónomo amateur, y ya en la década de los 1880's sería uno de los científicos victorianos más influyentes de la época. Para 1885 recibió apoyo económico por parte de la *Royal Society*, para realizar un mapa fotográfico de estrellas en el hemisferio sur. Los registros que tomaba en Buena Esperanza, eran analizados en su totalidad en la Universidad de

¹¹⁵ Tabla tomada de Lankford, J (1988), p.25.

Gröningen. Sin embargo, para 1887 se terminó el apoyo y tuvo que financiar el proyecto él, junto con su colega J. C. Kapteyn.

Entre abril de 1885 y diciembre de 1890, con ayuda de dos asistentes, terminaron el *Cape Photographic Durchmusterung* (CPD), catálogo con la posición y magnitud de 454, 875 estrellas, que constituyó el antecedente de la *Carte du Ciel*.

Desde principios de la década de 1880's hubo varios proyectos en estrecha relación: E. S. Holden (1846-1914) en el *US Naval Observatory*, publicó una monografía sobre la Nebulosa de Orión. El año siguiente H. C. Vogel (1841-1907) del Observatorio Astrofísico de Postdam publicó un catálogo del espectro de 4,260 estrellas. El catálogo fotométrico de E. C. Pickering del *Harvard College Observatory*, de más de 4,000 estrellas apareció en 1884; y otro más tarde de C. Pritchard. Todos ellos se inclinaron por la fotografía al notar sus virtudes. La transición definitiva la dieron los hermanos Paul y Prosper Henry que iniciaron sus actividades profesionales en la Sección Meteorológica del Observatorio de París en 1864. Cuatro años más tarde construyeron un reflector de 30 cm. como entretenimiento para diseñar un mapa de la eclíptica. Y en 1871, junto con el director del Observatorio, se pusieron de acuerdo para trabajar en el mapa de tiempo completo. Hacia 1884, llevaban un cuarto de lo proyectado; sin embargo, cuando llegaron a la intersección con la Vía Láctea las estrellas se hicieron muy numerosas.

Ante el problema, construyeron un objetivo fotográfico y descubrieron partes adicionales de la Pléyades que Herschel no había podido observar. Con exposiciones largas, registraron hasta 2,326 estrellas en esta región. Fue en este momento cuando se dieron cuenta que un objeto astronómico importante había sido descubierto mediante la fotografía, y estaba localizado en una región del cielo intensamente analizada por generaciones de astrónomos convencionales. El almirante Mouchez (1821-1892) fue sucesor de Delaunay. Continuó la labor de seguir apoyando a los hermanos Henry. Fue él quien pensó en la posibilidad de un gran mapa fotográfico de las estrellas. Años después, en la sesión de apertura del Congreso Astrofotográfico del que hablaremos en la siguiente sección, diría: “Será una fecha gloriosa é imperecedera en su historia, como lo es en la historia de la Astronomía, la obra grandiosa que queremos legar á las generaciones futuras, obra que se podrá definir como el inventario exacto y tan completo como es posible del

Universo perceptible al terminar el Siglo XIX.”¹¹⁶ En 1885, le sugirió a Pickering que su mapa podría ser diseñado por 5 o 6 observatorios, en un periodo de 6 a 8 años. Al año siguiente Gill le escribía a Mouchez para sugerirle un plan de cooperación internacional que empleara la fotografía para producir un catálogo de posiciones precisas de estrellas, además de un mapa fotográfico que cubriera el cielo entero. Tanto Struve, del Observatorio de Pulkova, como Gill, urgieron a un Congreso Astrofotográfico a celebrarse en abril de 1887.

El 15 de octubre de 1886, J. Bertrand y A. Vulpain, ambos secretarios perpetuos de la Academia de Ciencias de París, convocaron oficialmente a los astrónomos a reunirse en abril de 1887, con sede en el Observatorio de París: “Los grandes progresos realizados en la fotografía celeste de algunos años á esta parte y las notables fotografías de estrellas recientemente obtenidas por los Sres. Henry en el Observatorios de París, han dado lugar á que algunos astrónomos crean que ha llegado el momento de que se emprenda la construcción de la Carta del Cielo por medio de la Fotografía. Este gran trabajo, que tendría sin duda grande importancia para los futuros astrónomos, podría ejecutarse fácilmente en pocos años si diez ó doce Observatorios bien repartidos sobre el globo pudiesen dividirse convenientemente el trabajo, empleando procedimientos idénticos, á fin de obtener en las diversas partes de la Carta, la homogeneidad indispensable.”¹¹⁷

Aceptación de los reflectores fotográficos por astrónomos profesionales

La investigación fotográfica con telescopios reflectores fue utilizada más por amateurs debido a la desconfianza de los profesionales. Durante las discusiones por comisiones nacionales para el tránsito de Venus en 1874, los equipos alemán, francés y británico rechazaron el reflector porque lo consideraban imposible de mantener ajustado ópticamente y extremadamente difícil de manipular.

Jassen equipó al Observatorio de Meudon¹¹⁸ con un reflector newtoniano de 1m., diseñado para la espectroscopía fotográfica de nebulosas y cometas. Así mismo, Keeler, poco después de asumir la dirección del

¹¹⁶ Mouchez *Discurso*, dentro de *Formación de la Carta Celeste por medio de la Fotografía*, en Anuario para el año 1889, p. 94

¹¹⁷ Anguiano, A. , *ídem*, p.67-68.

¹¹⁸ Ver capítulo 2, referente a los comentarios que hiciera Anguiano.

Observatorio de Lick en 1898, empezó un programa de fotografía nebular, y en los dos años restantes de su dirección, publicó más de 20 artículos que reportaban sus estudios fotográficos de esos objetos. Dentro de sus conclusiones estipulaba que la mayoría de las nebulosas tenían una estructura espiral, lo cual abría un nuevo campo de investigación.

Ritchey y su equipo perfeccionaron los componentes ópticos y un tren que permanecía inalterable durante exposiciones de 5 o 6 horas, de un reflector de 61 cm., en 1901.

3.2. La fotografía y el tránsito de Venus

Los tránsitos de Venus en 1874 y 1882 ofrecieron a los astrónomos la oportunidad de organizar una campaña internacional para mejorar el valor de la paralaje solar. En cambio, Los equipos norteamericano y francés fueron muy receptivos a la fotografía. Simon Newcomb (1835-1909), secretario de la Comisión del *US Naval Observatory* pasó un tiempo considerable perfeccionando un diseño para minimizar los errores instrumentales, sobre todo con lo referente a la escala de la placa; de tal suerte, que el equipo norteamericano procurarían medidas muy precisas de la distancia focal del objetivo usando una varilla fija y un micrómetro especial. Otras expediciones debieron establecer la escala de las placas midiendo los diámetros fotográficos de Venus y el Sol.¹¹⁹

Los equipos británico y alemán usaron fórmulas para el Colodión seco, mientras que el francés usó daguerrotipos. El norteamericano empleó Colodión húmedo. Las mayores expediciones usaban fotógrafos profesionales para la exposición de las placas, mientras que los astrónomos se concentraban en las observaciones visuales. Sin embargo, en 1878 el equipo británico admitió que las observaciones fotográficas habían sido un fracaso. Fue imposible determinar la escala de las placas porque no coincidían dos observaciones en el diámetro del Sol debido al limbo. Las comisiones norteamericana y francesa publicaron datos cuantitativos obtenidos de las placas, pero declinaron resolver las ecuaciones de condición y obtuvieron un valor para la paralaje solar. La alemana se vio desfavorecida después de sus intentos fallidos de medición en 1874.

¹¹⁹ Ver Janiczek, P. M. (1983), y Norberg, A. L. (1983).

El fracaso aparente de la fotografía en el tránsito de Venus de 1874 tuvo profundas consecuencias. En octubre de 1881, científicos de 14 naciones se reunieron en París para planear el tránsito de Venus de 1882. Después de someterlo a debate, el Congreso votó en contra de la fotografía para observar el siguiente tránsito. La fotografía había sido rechazada como una herramienta de investigación; mientras tanto, los astrónomos preferían métodos tradicionales.

La Conferencia Internacional del Paso de Venus. Congreso Astronómico Internacional. (París, octubre de 1881)

El paso de Venus por el disco solar que tuvo lugar en 1874 fue observado por distintas comisiones de varios países de todo el mundo. En México tenemos el testimonio de Francisco Díaz Covarrubias publicado en su *Viaje a Japón*¹²⁰. Fue un hecho notable si atendemos las circunstancias técnicas que rodearon a dichas observaciones; tal como, la falta de instrumentos capaces de dar la precisión requerida para calcular constantes físicas como la distancia del Sol a los planetas. Sin embargo, cada comisión actuó de manera independiente, sin miras a unir resultados para discutirlos y proyectar observaciones y cálculos en el futuro. Aunque México no fue invitado a participar, es importante seguir la Conferencia por dos razones significativas: por un lado, el territorio mexicano es mencionado un par de veces para establecer una comisión; y por otro, porque Anguiano siguió al pie de la letra las instrucciones convenidas y posteriormente el observatorio hizo acto de presencia a nivel internacional, con la *Carte du Ciel*.

El motivo principal del Congreso Astronómico Internacional fue precisamente la cooperación internacional, para la cual había que poner en claro dos objetivos.

- a) Elegir las estaciones de observación, tanto en el hemisferio Norte como en el Sur, tomando en cuenta las condiciones climáticas.
- b) Elegir los procedimientos de observación.

Fue necesario, entonces, formar una comisión para cada objetivo. Desde un principio, se dejó muy clara la posición de la mayoría de las comisiones que asistieron, según la cual, el tiempo que faltaba para presenciar el fenómeno

¹²⁰ Ver Díaz Covarrubias, F. (1876)

celeste era muy poco para cambiar los que ya habían avanzado. De hecho, varios instrumentos sugeridos no estarían fabricados para la fecha del fenómeno.

Dentro de los ejes temáticos que se desarrollaron en la Conferencia está en primer plano la ubicación de los observatorios. El presidente del Congreso, J. B. Dumas, sugirió que por las agitaciones de la atmósfera, como fue demostrado en dos estaciones francesas, era mejor ubicar las estaciones del hemisferio Sur, cerca de la Patagonia; y en el Norte, en la región de Las Antillas.

Es notable la participación de naciones no europeas que participaron en el Congreso, y cuyos territorios habría de establecer estaciones de observación: el delegado de Brasil, Liais, director del Observatorio Imperial de Río de Janeiro; el Coronel L. M. Mansilla, Agente militar de la República Argentina; el delegado del gobierno chileno, el Dr. C. W. Maesta, antiguo director del Observatorio de Santiago¹²¹. Habíamos mencionado que no hubo delegados de México; sin embargo, como bien señala Anguiano, México estaba mencionado un par de veces: una para establecer una Comisión dirigida por Bouquet de la Grye en el Cerro de Loreto, cerca de Puebla; y otra, que sugería la participación del observatorio de Chapultepec, pero no especificaba más.

TABLA 2. Misiones proyectadas para el tránsito de Venus de 1882.¹²²

Países	Estaciones	Cantidad de instrumentos y diámetro de los objetivos	Jefes de la misión
Alemania	1 Argentina 1 Estrecho de Magallanes ó Islas Falkland 2 Estados Unidos		
Inglaterra	1 Bermudas 1 Jamaica 1 Barbuda	Dos de 152mm Ídem Ídem	

¹²¹ Ver capítulo 2, referente a lo poco que hemos encontrado de otros observatorios latinoamericanos.

¹²² Tabla tomada de Anguiano, A. *Misiones proyectadas para el Paso de Venus de 1882*, en Anuario para el año de 1883, p.113-114.

	3 Cabo de Buena Esperanza 1 Madagascar 1 Nueva Zelanda 1 Islas Falkland 1 Sydney 1 Melburne	Seis de 152mm Dos de 152mm Ídem Ídem Ídem ...	
Austria	¿?		
Brasil	1 Itapeva (punto elevado) 1 Pernambuco 1 Río de Janeiro 1 Antillas (¿?) 1 Magallanes (¿?)	300, 250, 163mm	
Chile	1 Santiago de Chile		
Dinamarca	1 San Tomas ó Cruz		
España	2 Cuba 1 Puerto Rico	Dos de 152mm y dos de 102mm Uno de 152mm y uno de 102mm	
Estados-Unidos	(¿?)		
Francia	1 Cuba 1 Martinica 1 Florida 1 México 1 Chile 1 Sta Cruz (Argentina) 1 Chubut (idem) 1 Río Negro (idem)	217mm y 163mm ídem ídem ídem ídem ídem ídem ídem	D'Abbadie Tisserand Perrier B. de la Grye Le Clerc Fleuris Hatt Perrotin
Italia	¿?		
México	Chapultepec		
Países Bajos	1 Curaçao/Sn Martin		
Portugal	1 Lourenço Marquez		

República Argentina	2	Boeuf
---------------------	-------	-----	-------

La preponderancia tanto de Inglaterra y Francia salta a la vista. De América Latina, Brasil toma su posición con 5 estaciones; Chile y Argentina con una cada país. El caso de México es algo distinto: aparece con una estación francesa asignada a Bouquet de la Grye, en Cerro de Loreto, cerca de Puebla; y por otro lado, la estación asignada a Chapultepec sin más datos. Dice Anguiano:

Debo llamar la atención sobre una circunstancia que no debe pasar desapercibida. Sin embargo de que México no fue invitado, por razones que ignoro, á que tomase parte en la Conferencia, se ve en la lista de las estaciones propias para la observacion, el nombre del Observatorio de Chapultepec. Fuera de otras reflexiones á que da lugar, el reconocimiento de nuestro Observatorio como punto propio de observación, nos pone en el compromiso solemne de procurar por cuantos medios estén á nuestro alcance, el buen éxito y mayor perfeccion posible en el humilde contingente científico con que podamos contribuir al digno objeto que busca.¹²³

Registro de observaciones en el Observatorio Astronómico Nacional

El periodo de tiempo que comprende nuestro estudio abarca una serie de observaciones de Mercurio, pero solo una de Venus, la del 6 de Diciembre de 1882, realizada por Ángel Anguiano y en comunicación con muchos otros observatorios diseminados a lo largo y ancho del territorio mexicano, aprovechando con esto, las distintas comisiones que se establecían en el país con motivo del reconocimiento geográfico con el que aún no contaba. Para tener presente la fecha de los tránsitos de los planetas interiores, insertamos a continuación una lista que abarca desde 1878, hasta 1940¹²⁴.

VENUS

6 de Diciembre de 1882

MERCURIO

6 de Mayo de 1878

¹²³ Anguiano, A. *Conferencia Internacional del Paso de Venus*, en Anuario para el año 1883, p. 61. Se conserva grafía original en ésta y todas las citas.

¹²⁴ Dentro de nuestra cronología Jiménez (1880f), Anguiano (1882a) y (1882b), y Díaz Covarrubias (1869) y (1876), narran observaciones anteriores en México y en Japón, respectivamente.

7 de Noviembre de 1881¹²⁵
 9 de Mayo de 1891
 10 de Noviembre de 1894
 12 de Noviembre de 1907
 6 de Noviembre de 1914
 7 de Mayo de 1924
 8 de Noviembre de 1927
 10 de Mayo de 1937
 12 de Noviembre de 1940

Tránsito de Venus del 6 de Diciembre de 1882

El registro de este tránsito nos posibilita seguir con detalle las estaciones establecidas para el reconocimiento geográfico comunicadas con telegramas, tanto como los detalles de las observaciones; como se verá en la tabla siguiente era muy importante si se habían tomado fotografías y si fue posible ver el ligamento¹²⁶, ya que éste era un fenómeno en torno al cual se especulaba y para la fecha aún no se tenía clara su naturaleza.

TABLA 3. Telegramas recibidos sobre la observación¹²⁷

Remitente	Lugar	Registro fotográfico	Ligamento
Bouquet de la Gye	Cerro de Loreto, Puebla	340 fotos	No
P. Spina	Obs. Ast. del Colegio Católico, Puebla	-	No
José A. Bonilla	Obs. Ast. De Zacatecas	-	No
Carlos F. Landeros y Gabriel Castaños	Guadalajara, Jal.	-	Sí

¹²⁵ Rodríguez, Rey, F. (1881) y (1882).

¹²⁶ El ligamento se refiere a que, visualmente, se puede notar cuando dos cuerpos celestes (Venus y el Sol, por ejemplo) se unen o se separan. En su momento no se tenía claro su significado, de hecho hay una larga disquisición sobre el tema, en Anguiano, *Ligamento Negro ó Gota que se forma en los pasos de Venus y Mercurio por el disco del sol*, en Anuario para el año 1883, p. 117-152.

¹²⁷ Tabla formada a partir de los datos que Anguiano muestra en *Observación del paso de Venus*, en Anuario para el año 1883, p. 96-139.

Jacobo Blanco	San Marcos, Gro.	-	¿?
José A. Brambila y Heraclio Jiménez	León, Gto.	-	No se observó
Juan N. Adorno	Cerca de Chapultepec (M: 0h 0m 8s 84; L: 19° 26' 5"4N	-	¿?
Juan Madrid	Obs. Meteo. de Toluca	-	¿?
José María Chacón	Morelia	-	¿?
Quijano	Obs. Meteo. de Mazatlán	-	Sí
Salazar Ilarregui	Comitán	-	Sí, en ingresión
Joaquín Mendizábal Tamborrel	Cerrito de Yalguitz	-	¿?
Manuel E. Pastrana	Tapachula	-	¿?
Leandro Fernández	OAC	-	No
Rodrigo Valdez	Matamoros		
Agustín Díaz	Jalapa		
Wilfrido Amor	Ixtla, Ver	-	Sí, egresión

Los “contactos” seguían al pie de la letra los requerimientos del congreso. Anotamos los que diera a conocer Anguiano en su momento.

- 1) Primer contacto externo: perdido por las nubes
- 2) Primer contacto interno geométrico: apreciado en proyección por Anguiano a las 7h 46m 5s, tiempo medio civil.
- 3) Primer contacto interno anotado por Felipe Valle, en el instante en que apareció en filete luminoso, visto directamente con helioscopio a las 7h 46m 22s 8, tiempo medio civil.
- 4) Segundo contacto interno; perdido por las nubes.
- 5) Segundo contacto externo: observado solamente por Anguiano a las 1h 33m 23s 0, tiempo medio civil.

Concluye diciendo: “En ninguno de los contactos observados se notó formación alguna de ligamento.”¹²⁸

Tránsito de Mercurio del 6 de Mayo de 1878

En la primera memoria de la Secretaría de Fomento¹²⁹, del gobierno de Porfirio Díaz, Riva Palacio presentó lo que se había trabajado en las dependencias a su cargo. La del Observatorio Astronómico dejó plasmados los registros de varios fenómenos. En el caso del tránsito de Mercurio, dada la fecha en que fue impresa dicho documento, solo aparece su predicción teórica, a saber,

Ingresión:

Contacto externo a las 8h 36m 43s AM

Contacto interno a las 8h 39m 49s AM

Egresión:

Contacto interno a las 4h 06m 29s PM

Contacto externo a las 4h 09m 38s PM

El tránsito de Mercurio fue el primer fenómeno celeste observado y registrado en el Observatorio Central; ahí, Francisco Jiménez era quien dirigía las observaciones y en Chapultepec, Ángel Anguiano. Sin embargo, éste no contó con la suerte de Jiménez, quien narra,

Para nosotros en el Observatorio Central tenía un interés más determinado la observación del tránsito de Mercurio sobre el disco del sol. Establecida una clase de práctica astronómica, los alumnos dedicados á ella podrían adquirirla experiencia de esta clase de fenómenos que, como hemos dicho, son de rara ocurrencia, y deben aprovecharse para prepararse al próximo tránsito de Venus, último visible para la generación actual, que deberá tener lugar el 6 de Diciembre de 1882, y será enteramente visible en México: así, deseando sacar todo el partido posible de la observación de Mercurio el 6 de Mayo, se hicieron las preparaciones convenientes para distribuir á los observadores en grupos adecuados al número y á la clase de los instrumentos que se tienen en el Observatorio.¹³⁰

¹²⁸ Anguiano, *ídem*, en Anuario para el año 1884, p.84

¹²⁹ Ver título extenso en Riva Palacio: *Memoria presentada...* (1877), en referencias.

¹³⁰ Ver *Anales del Ministerio...*(1881), tomo IV, p.354-355.

El Director de los trabajos de la cartografía, Agustín Díaz, se encargó de dirigir la observación del tránsito directamente con un pequeño telescopio; sus alumnos fueron Alvarez y Villaseñor. Parte de la enseñanza consistía en mostrar la imagen captada por el instrumento proyectándola en un cartón.

Los datos que nos proporcionan son los siguientes,

Contactos teóricos externos en Ingresión y Egresión

En almanaque inglés: 8h 36m 43s AM y 4h 09m 37s PM

En almanaque americano: 8h 36m 6s AM y 4h 10m 31s PM

Contactos observados:

Primer contacto interno 8h 40m 15s9 AM

Segundo contacto interno 4h 5m 4s1 PM

Segundo contacto externo 4h 7m 8s5 PM

A pesar de haber sido una excelente oportunidad para la enseñanza de las observaciones en el Observatorio Central, en el de Chapultepec hubo condiciones meteorológicas adversas que limitaron por mucho la experiencia. El registro es el siguiente:

Primer contacto interno..... 8h 40m 2s AM

Segundo contacto interno.. 4h 5m 38s PM

La observación y su registro representa una de las primeras experiencias del observatorio; por lo mismo, el desconcierto lo expresó Anguiano, así:

el primer contacto externo se perdió, lo mismo que el último, á consecuencia de las nubes, no habiendo podido observarse más que los dos internos, pero que deben considerarse como los principales, por la mayor seguridad que hay que apreciar con más precision el momento que tiene lugar.¹³¹

3.3. El Congreso Astrofotográfico y la *Carte du Ciel*

La invitación de la Academia de Ciencias de Francia fue aceptada por científicos, tecnólogos y secretarios de Estado de 16 países. Los miembros extranjeros eran: A. Auwers, Secretario de la Academia de Ciencias de Berlín,

¹³¹ Ver *Anales del Ministerio...* (1877), Tomo III, p. 417.

Delegado de la Academia de Ciencias de Berlín y de la Sociedad Astronómica de Leipzig; H. G. Bakhuisen, Director del Observatorio de Leyda; P. Beuf, Director del Observatorio de La Plata; W. H. M. Christie, Astrónomo Relato de Greenwich, Delegado de la Sociedad Real de Londres; A. A. Common, Delegado de la Real Sociedad de Londres; I. Cruls, Director del Observatorio de Rio Janeiro; A. Donner, Director del Observatorio de Helsingfors; N. C. Duner, Astrónomo del Observatorio de Lund; J. M. Eder, Profesor de la Escuela Industrial y en la Escuela Politécnica de Viena; W. L. Elkin, Astrónomo del Observatorio de New Haven; F. Folie, Director del Observatorio de Bruselas; E. Gauthier, Director del Observatorio de Ginebra; D. Gill, Director del Real Observatorio del Cabo de Buena Esperanza; H. Gylden, Director del Observatorio de Estocolmo; B. Hasselberg, Astrónomo del Observatorio de Poulkova; J. C. Kaptein, Profesor de la Universidad de Groninga; E. B. Knobel, Secretario y Delegado de la Real Sociedad de Londres; A. Krueger, Director del Observatorio de Kiel; O. Lohse, Astrónomo del Observatorio de Postdam; Oom, Capitán de navío y Director del Observatorio de Lisboa; J. A. C. Oudemans, Director del Observatorio d'Utrecht; C. J. Pechüle, Astrónomo del Observatorio de Copenhague; P. J. S. Perry, Director del Observatorio del Colegio de Stonyhust; C. H. P. Peters, Director del Observatorio del Colegio Hamilton, en Clinton; Pujazón, Capitán de navío y Director del Observatorio de San Fernando; I. Roberts, Astrónomo de Maghull; H. C. Russell, Director del Observatorio de Sydney; E. Schoenfeld, Director del Observatorio de Bona; A. Steinheil, constructor de instrumentos de precisión en Munich; O. Struve, Director del Observatorio de Poulkova; P. Tacchini, Director del Observatorio del Colegio Romano; Gral. Tennant, Delegado de la Real Sociedad de Londres; T. N. Thiele, Director del Observatorio de Copenhague; H. C. Vogel, Director del Observatorio de Postdam; E. Weiss, Director del Observatorio de Viena y Delegado de la Academia de Ciencias de Viena; A. G. Winterhalter, Teniente de navío y Ayudante en el Observatorio de Washington.

De la Academia Francesa de Ciencias hubo 11 miembros: Bertrand, Bouquet de la Grye, Cornu, Faye, Fizeau, Janssen, Loewy, Mouchez, Perrier, Tisserand, Wolf; además de Bailland, Rayet y Trépiéd, como Directores de los Observatorios de Tolosa, Burdeos y Argel, respectivamente. Se encontraban también, los hermanos Paul y Prosper Henry; y Paul Gauthier, constructor de instrumentos de precisión en París. Y finalmente, tres representantes del Consejo del Observatorio de París: Cloué, Vicealmirante y miembro de la Oficina de Longitudes; Laudessat, Coronel, Director del Conservatorio de Artes y Oficios; y Liard, Director de Enseñanza Superior.

El Congreso votó para tener dos Comités: El Comité técnico, que se encargaría de estudiar y proponer las condiciones de los instrumentos y límite de las magnitudes fotográficas; mientras que el Comité Permanente se encargaría de las resoluciones del Congreso. Dentro del Técnico, fue necesario dividirlo en dos secciones: la Sección Astrofotográfica, y la Sección Astronómica. Dice Anguiano:

La sección astro-fotográfica se ocupó de las cualidades ópticas del instrumento y de las que debían tener los *clichés*. Se habló del cristal de Feil y del fabricado en Jena, de la sensibilidad de las placas, de la idea del Sr. Grubb de que fuesen curvas, de la manera de conservarlas y de la conveniencia de que una sola casa se encargase de su fabricación; pero en medio de todo esto, se vino á convenir en dejar cierta libertad á los Directores de los Observatorios y á los constructores, prescribiéndoles únicamente algunas reglas precisas sobre el aplanatismo y acromatismo, sobre la amplitud del campo y sobre la unidad de la fórmula que debe emplearse en la preparación de las placas, que deben ser planas, estando ya fijadas las dimensiones del objetivo fotográfico.¹³²

Mientras que la Sección astronómica,

pensó no solamente en tener *clichés* que contuvieran las estrellas cuya ascensión recta y declinación deben ser perfectamente conocidas para que sirvan de puntos precisos de referencia á las demás, sino que se tuvo la idea de que al formar otra serie de *clichés*, contuvieran un número de estrellas bastantes para formar un catálogo que superara á todos los existentes y se fijó la 11^a. magnitud como límite, pudiendo de esta manera catalogar de tres á cuatro millones de estrellas, calculándose en 25 millones el número de estrellas hasta 14^a. magnitud. (...) Así es que hay que tomar tres series de clichés, aunque el tiempo de exposición de la tercera serie se reducirá notablemente, pues según el Sr. Mouchez, en vista de experiencias numerosas, el tiempo de exposición para las distintas magnitudes es como sigue.¹³³

¹³² Anguiano, A. *Formación de la Carta Celeste por medio de la fotografía*, Anuario para el año 1889, p. 100-101.

¹³³ *ídem*, p. 104-105.

Tabla 4. Magnitud y tiempo de exposición, según Mouchez.¹³⁴

magnitud	Tiempo de exp.	magnitud	Tiempo de exp.
1	0.005 seg.	9	8.0 seg.
2	0.01	10	20
3	0.03	11	50
4	0.1	12	2 min.
5	0.2	13	5
6	0.5	14	13
7	1.3	15	33
8	3.0	16	1h 20m 0s

Durante 12 días intensivos, los delegados acordaron un plan para la cooperación internacional que tenía como objetivo producir un mapa fotográfico del cielo, con estrellas de 14^a magnitud, y un catálogo de estrellas de 11^a magnitud. Después de someterse a un debate, el refractor fotográfico desarrollado por los hermanos Henry fue adoptado como un instrumento estándar. Las especificaciones buscaban un objetivo de 34 cm. con una longitud focal de 3.43 m.; de tal manera, que un milímetro de placa fotográfica representaba un minuto de arco en el cielo. Las placas de 16 x 16 cm. cubrían un campo de 2° cuadrados. La óptica debió corregirse con referencia a la línea G de Fraunhofer. Esta guía fue complementada con un refractor de 24.5 cm con la misma distancia focal que el telescopio fotográfico y los tubos de acero de ambos instrumentos que se engranaron para minimizar torsiones y flexiones. Cada placa fotográfica llevaba impresa una red de líneas finísimas en intervalos de 5mm. que servían para revisar la deformación del material fotográfico y la que servía posteriormente para el proceso de medición. La imagen de la red se obtuvo fotografiando una placa de vidrio plateado en la que las líneas habían sido inscritas cuidadosamente.

Había, en consecuencia, tres incisos a resolver como punto de partida: a) la idea de que no fuesen excesivos los gastos para los gobiernos; b) Cornu había investigado las distorsiones que sufrían las imágenes de acuerdo a las condiciones atmosféricas; por tanto se debatió la limitación de la abertura, quedando como se dijo en párrafos anteriores. Todo esto dio como resultado un tercer punto: c) dado que los hermanos Henry habían utilizado un refractor sumamente favorable a la fotografía, y por otro lado, habían logrado revelar en

¹³⁴ Tabla tomada de *idibem*, p. 105.

un cuarto de hora de exposición, estrellas de 14^a. magnitud, quedaba como límite esta cifra. A pesar de la poca aceptación que Anguiano demostró¹³⁵, se había explicado en el Congreso que no era un límite arbitrario, sino que más bien, las estrellas más débiles a este brillo tenían muy pocas probabilidades de ser un “pequeño planeta”, o un “planeta ultra-neptuniano”¹³⁶, cuestión que desde luego estaba considerada dentro del registro estelar.

Se trataba entonces de que los observatorios comprometidos a cooperar produjeran dos series de placas. Cada una de ellas que se destinara para mediciones del catálogo, involucraba 3 exposiciones de 20 segundos, 3 y 6 minutos, moviendo el telescopio después de cada exposición. Eran necesarias varias exposiciones para identificar defectos, o polvo en las placas.

El Congreso de 1887 debió uniformizar todas las áreas de trabajo, no obstante las continuas interrogantes que salían al paso. Para resolverlas, se estableció un Comité Permanente Internacional¹³⁷. Se reunieron 5 veces (1889, 1891, 1896, 1900 y 1909), antes de que la *Carte du Ciel* deviniera Comisión 23 de la Unión Astronómica Internacional (IAU) en 1919. Fueron publicados 5 volúmenes de las sesiones y 7 volúmenes de boletines que aparecieron en intervalos irregulares entre 1892 y 1917.

El Comité Permanente Internacional, llegó a ser el mayor foro para las discusiones sobre astrometría fotográfica y, en menor grado, sobre fotometría y fotográfica. Su trabajo se reportó en varias revistas europeas y norteamericanas. Desde la década de los 1890's a la Primera Guerra Mundial, ocupó la única posición en la comunidad astronómica internacional.

La siguiente tabla indica la proyección y la división del trabajo de la *Carte du Ciel* y el Catálogo Astrofotográfico asociado. Sólo hasta 1964 estuvo completa su publicación. No hubo participación de norteamericanos en el Congreso de 1887. Sus observatorios requerían mayor flexibilidad; además de que algunos se inclinaban más por la astrofísica. Paradójicamente, su ausencia en el Congreso provocó mayor involucramiento en la astrofísica, fotometría y espectroscopía, ya que la *Carte du Ciel* absorbía una buena parte de los fondos públicos para la Astronomía.

¹³⁵ ídem, p. 98-100

¹³⁶ Cornu, los llama de esta manera, ídem, p. 99.

¹³⁷ Sólo conocemos un solo número y ejemplar, ver *Institut de France, Académie des Sciences* (1900)..., en las referencias.

Tabla 5. División de trabajo y ejecución de la *Carte du Ciel*. Catálogo y mapa¹³⁸

Zona	Número de placas	Observatorio	Anotaciones	Mapa
+90° a +65°	1149	Greenwich	Catálogo completo	Publicado
+64° a 55°	1040	Vaticano	Catálogo completo	Publicado
+54° a +47°	1008	Catania	Catálogo publicado	Placas sin tomar
+46° a +40°	1008	Helsinki	Catálogo completo	Placas tomadas sin publicar
+39° a +32°	1232	Postdam	Zonas publicadas y abandonadas. Hyderabad, Uccle, París y Hamburgo ccopearon para reobservar, medir y publicar esta zona.	Placas tomadas, impresas y distribuidas por Uccle.
+31° a +25°	1180	Oxford	Catálogo completo	
+24° a +18°	1260	Paris	Catálogo completo	
+17° a +11°	1260	Bordeaux	Catálogo completo	
+10° a +5°	1080	Toulouse	Catálogo completo	
+4° a -2°	1260	Algiers	Catálogo completo	
-3° a -9°	1260	San Fernando	Catálogo completo	
-10° a -16°	1260	Tacubaya	Catálogo completo	

¹³⁸ Tabla tomada de Lankford, J. (1984), p. 30.

-17° a -23°	1260	Santiago	Se retractaron y fue reemplazado por Hyderabad, que completó el catálogo	Placas sin tomar
-24° a -31°	1360	La Plata	Se retractaron y fue reemplazado por Córdoba, que completó el catálogo	Placas tomadas, pero sólo zona - 25° publicada.
-32 a -40°	1376	Rio de Janeiro	Se retractaron y fue reemplazado por Perth, Edimburgo y París, que cooperaron para completar el catálogo.	Placas no tomadas
-41° a -51°	1512	Cabo de Buena Esperanza	Catálogo completo	Placas tomadas pero no publicadas.
-52° a -64°	1400	Sydney	Catálogo completo	Placas tomadas pero no publicadas.
-65° a -90°	1149	Melbourne	Se retractaron antes de que las placas fueran tomadas y varias zonas publicadas. Sydney y París cooperaron para completar el catálogo.	Placas tomadas pero no publicadas.

Participación de Tacubaya en la Carte du Ciel

Hay dos hechos que sirvieron de antecedentes para los trabajos astrofotográficos: la adquisición de un foto-heliógrafo en 1882 con motivo del tránsito de Venus; y el apoyo intelectual y práctico del Teniente Coronel Teodoro Quintana quien se había encargado de la parte fotográfica, como comisionado del Estado Mayor. Esta sección del observatorio había logrado tomar fotografías sumamente nítidas de la Luna, la primera de las cuales, y única en el periodo que estamos considerando, aparece hasta el anuario de 1894. Sin embargo, en el anuario de 1885, aparecen dos dibujos como complemento a un largo ensayo escrito por Francisco Rodríguez Rey. En la primera¹³⁹ aparece el satélite completo e iluminado de azul con la descripción general de los cráteres, mares y cordilleras; y la segunda¹⁴⁰, el “sistema Júpiter”; “tipo de montaña lunar”, “Corte geológico de un volcan lunar en su periodo máximo”, y “Corte geológico de un volcan lunar en su último periodo”, respectivamente.

Sin embargo, lo que determinó un cambio radical en la organización y plan de trabajo en el observatorio fueron las fotos de la Luna. Quisiéramos transcribir la impresión de Anguiano; además se trata de un documento que ha permanecido inédito. Debemos tomar en cuenta que se trata de algo que cambió todo el programa de investigación del observatorio.

Venciendo algunas dificultades, el Sr. Quintana ha logrado obtener algunas placas fotográficas de la Luna, de algunos grupos de estrellas y aun de algunas nebulosas. El primer ensayo de la Luna lo hice circular entre algunas personas que podían apreciar el mérito de trabajo. Lo remití también al Sr. Bouquet de la Grye, quien á su vez tuvo á bien presentarlo á la Academia de Ciencias de París, con las siguientes palabras que traduzco del núm. 10, pág. 669, tomo CIV, correspondiente al 7 de marzo de 1887, en donde se lee lo siguiente: “M. Bouquet de la Grye, al presentar á la Academia una fotografía de la Luna, obtenida en el nuevo Observatorio Nacional de México por el Teniente Coronel Quintana, bajo la dirección del Sr. Anguiano. (...) El antejo empleado tiene un objetivo de 0m38 de diámetro, y este primer resultado, muestra el partido que la Ciencia podrá sacar de un aparato colocado á una altitud de 2,000 metros, en un país en que la pureza del cielo es muy grande. (...) El Sr. Anguiano, Director del Observatorio de Tacubaya, da, en una carta que acompaña á esta prueba fotográfica, la diferencia en longitud entre Tacubaya y Chapultepec (antiguo

¹³⁹ entre las pp. 252-253.

¹⁴⁰ entre las pp. 258-259, numeradas las ilustraciones.

Observatorio): ella es de +3s.35 Oeste. Las observaciones hechas con el fin de ligar á Tacubaya con St. Louis (Missouri), han sido terminadas, estando en impresión el volumen que las contiene. El Observatorio Nacional de México puede, pues, ser considerado desde ahora como ligado geográficamente con los Estados Unidos, y por consiguiente con Europa.”¹⁴¹

Sin embargo, cuando llegaron las fotografías a París, acababa de cerrarse la convocatoria que había lanzado el Congreso Internacional de Astrónomos. Posteriormente, Anguiano recibe una carta de Bouquet de la Grye que supera por mucho las expectativas.

Bureau del Comité Internacional Permanente para la ejecución fotográfica de la Carta del Cielo.- Presidente.- Observatorio de París, Mayo 10 de 1887.- Señor Director: El Sr. Bouquet de la Grye me ha remitido la magnífica fotografía de la Luna, que por encargo de vd., ofrécela Observatorio de París. Felicito á vd. Ardientemente por el muy bello resultado obtenido por el Sr. Teniente Coronel Quintana; todos los detalles han salido con una claridad perfecta, que prueba no solamente la habilidad del observador, sino también la pureza de vuestro cielo y la bondad de vuestro objetivo. Ignoraba por completo que el Observatorio de Tacubaya se ocupara de fotografías celestes; pues á haberlo sabido con oportunidad, había tenido el honor de dirigir á vd. Una invitación á nuestro Congreso Astronómico en el que se acaba de decidir, á propuesta mía, la ejecución fotográfica de la Carta del Cielo.

A juzgar por el tenor de la carta de vd., al Sr. Bouquet de la Grye, parece que sería posible el que vd. Tomara parte de este gran trabajo; si así fuese realmente, mucho le agradecería me lo haga saber, para informar de ello al Comité Internacional Permanente, quien se ha encargado de arreglar los preparativos. La participación de México en nuestra obra internacional, sería tanto más preciosa; cuanto que vuestro clima es espléndido, á una altitud considerable, y que nuestro Observatorio sería el más austral de todos los del hemisferio Norte.

Sería, pues, de desear muy vivamente que vuestro gobierno consistiese en hacer los gastos poco elevados del aparato adoptado por el Congreso Internacional. Tendrá vd. en el Teniente Coronel Quintana un muy hábil astrónomo fotógrafo, para ejecutar todas las prescripciones contenidas en las decisiones del Congreso, y que deberán ser uniformemente ejecutadas por

¹⁴¹ Anguiano, A. (1887), *Trabajos recientes en el Observatorio Astronómico de Tacubaya* en el Anuario para el año 1888, p. 76-77

los quince ó veinte observatorios que van á cooperar á la ejecución de este importante proyecto.

Muy pronto enviaré á vd., las actas de las sesiones del Congreso Internacional, en donde más competentes y todas las decisiones tomadas.

En espera de que muy pronto me dará vd. la nueva nueva de su adhesión para comunicarla al Comité Internacional, suplico á vd. señor Director, que se sirva á aceptar la seguridad de mi más distinguida consideración.

El Presidente del Bureau del Comité Internacional Permanente, E. Mouchez.- Al Sr. Ángel Anguiano, Director del Observatorio de Tacubaya.¹⁴²

La tarde del 6 de junio de 1887, cuando recibió la carta de Mouchez, pudo tener una entrevista con el Presidente Porfirio Díaz y con el Secretario de Hacienda, Lic. Manuel Dublán, donde les comunicaba la urgencia de adquirir nuevos instrumentos y de solventar los gastos en viajes de representación. Ante la afirmativa de ambos, de inmediato le escribió a Mouchez:

Tacubaya, Junio 8 de 1887.- Sr. E. Mouchez, Director del Observatorio de París.- Muy señor mio: He recibido la grata de vd. de fecha 10 del próximo pasado, en que después de felicitarme por el resultado fotográfico obtenido en este Observatorio, y de manifestarme que si oportunamente hubiese vd. tenido conocimiento de nuestros trabajos en fotografía celeste, se me había invitado al Congreso Astronómico, que por iniciativa de vd., ha tenido lugar en esta Capital, me recomienda vd. le haga saber á mi Gobierno estuviera dispuesto á que México tomase parte en la realización del gran proyecto de la formación de la Carta Celeste por medio de la fotografía. Piensa vd. señor Director, que la participación de México en la obra Internacional que se trata de llevar á cabo, sería tanto más preciosa, cuanto que nuestro clima es espléndido, á una altitud considerable, y que nuestro Observatorio vendría á ser el más austral de los del hemisferio Norte. En fin, la carta de vd. contiene frases tan llenas de bondad para nosotros y tan halagadoras para mi patria, que antes que todo, debo dar á usted las más cumplidas gracias por su bondadosa atención y por los deseos que se sirve vd. significarme, y que altamente estima este Observatorio. El Sr. Quintana me encarga también haga á vd. presente su reconocimiento, por las benévolas palabras que á él se refieren.

¹⁴² Anguiano, A. (1887) *Formación de la Carta Celeste por medio de la fotografía*, en Anuario para el año de 1889, p. 71-72.

Inmediatamente después que leí la carta de vd., la transcribí á la Secretaría de fomento, logrando después hablar personalmente con el Señor Presidente de la República. De mi Conferencia con el primer magistrado de la Nación, resultó lo que yo esperaba, al serme conocidas, como me son, sus ideas de progreso y de protección á la Ciencia, autorizándome para manifestar á vd., como tengo la honra de hacerlo, que este Observatorio acepta gustoso la invitación que se le hace tomar parte en el gran trabajo de la Carta Celeste, conforme á las resoluciones tomadas por el Congreso Internacional de Astrónomos reunido últimamente en París, y además, que el Gobierno de México, está dispuesto á hacer los gastos que se necesiten para la adquisición del aparato fotográfico adoptado por el Congreso Internacional y para su conveniente instalación. Al efecto, señor Director, me permito en carta separada, pedir á vd. algunos datos y noticias que me son necesarias para tener todo listo en tiempo oportuno. Sírvasse vd. aceptar las seguridades de mi más alta consideración y aprecio¹⁴³

La trascendencia de estos largos párrafos no tiene precedentes en la astronomía hasta ese momento. Además, es un capítulo inédito en la historia de la ciencia y la tecnología. Gracias a esa comunicación, el Observatorio Astronómico Nacional se presentaba como una institución sólida y madura en cuanto a su preparación técnica. Construye su propia carta de recomendación para acceder al reconocimiento dentro de los países que habían institucionalizado sus actividades científicas y tecnológicas referentes a la astronomía, algunas de ellas, desde mucho tiempo atrás, y con presupuestos muy diversos y, a veces, divergentes comparados con los nuestros. Además se inserta profundamente en un conjunto de actividades que habrían de darle un sentido rigurosamente astronómico, ya no geográfico (como lo veremos más adelante), anhelados desde la concepción misma del observatorio. Las actividades emanadas de este nuevo impulso vital, constituyeron las bases para crear otra tradición científica, más inclinada a las aspiraciones de una comunidad científica todavía incipiente, que a las necesidades del país, precisamente, en una época en la que poco a poco se desgastaría el poder acumulado por Porfirio Díaz. De tal manera, que algunas de las instituciones creadas en su larga dictadura se vendrían abajo con la Revolución de 1910. A pesar de llevar a buen final la empresa que se les había encomendado, hacia los años sesenta del siglo XX, el observatorio no continuaría como lo que se había pensado originalmente; desde 1899, justo cuando Anguiano deja la dirección del observatorio para hacerse cargo de los trabajos geográficos del

¹⁴³ ídem, p. 74-76.

gobierno, apenas si se logró mantener con un mínimo de recursos, colocándolo en una condición de sobrevivencia. Después de la revolución los cambios en el conjunto de la sociedad exigían cambios simultáneos en las instituciones que había creado. Hacia 1942, después de que la Universidad Nacional se hiciera cargo del observatorio, se decide cerrar y crear uno nuevo en Tonantzintla, Puebla. Pero también cambiaron los contenidos de los trabajos: la astrofísica que había sido añorada por Anguiano, era el hilo conductor de las investigaciones. Para los años setentas, a los cien años de su emergencia, se crea el observatorio de San Pedro Mártir, en Baja California Norte.

3.4. Conclusión

Lo que hemos visto en este breve capítulo, es un programa de trabajo maduro que estuvo a la vanguardia de cuanto avance significativo hubo en la Astronomía. Hecho notable si atendemos las circunstancias adversas en las que se desarrolló el observatorio. Al respecto debemos subrayar dos puntos:

- a) Los instrumentos mandados a hacer a los fabricantes directamente, obedecen a un programa previo bien estructurado; esto es, el director Ángel Anguiano, sabía muy bien lo que acontecía en esta disciplina en Europa, y por lo tanto, conocía lo que se necesitaba para llevar a cabo dicho programa. Esto supone un costo alto que solventa el gobierno mediante la Secretaría de Fomento; además una concentración de recursos humanos en actividades donde no hallan interlocutores en su mismo país, sino en el extranjero.
- b) El desarrollo que siguió la fotografía en occidente, desembocó en lo que hoy conocemos como Astrofísica, y al ser relacionada con otros avances tecnológicos y científicos en el siglo XX, dio su primer fruto a escala mayor: el descubrimiento del corrimiento hacia el rojo, hecho por Hubble en 1929. En México no fue difícil, sino imposible, seguir el desarrollo de las grandes potencias donde se concentraban los conocimientos en estas disciplinas, dada la inestabilidad política. Sin embargo, no dejó de haber comunicación con el extranjero; particularmente, la que tuvo Joaquín Gallo, director del observatorio durante y después de la Revolución Mexicana, y Manuel Sandoval Vallarta, académico del Instituto Tecnológico de Massachussets, E. U. A. Pero de esto, hablaremos en un trabajo futuro.

CAPÍTULO 4. LOS TRABAJOS GEOGRÁFICOS.

4.0. Objetivo

Hemos anotado que hubo un programa muy claro y conciso de lo que se esperaba del observatorio, en materia de fotografía, construcción material del observatorio mismo, conocimiento de instrumentos, publicación de artículos adecuado a los cánones mundiales y madurez en los trabajos que les encomendaron.

Pero, ¿qué fue lo que realmente dio sentido a la institucionalización de la astronomía en México? Parecería que con esta pregunta apenas iniciamos el trabajo que nos hemos propuesto desde un principio; sin embargo, de no haber transitado, al menos de manera indicativa como lo hemos emprendido, no habríamos avanzado, metodológicamente, por el camino adecuado, dado que estamos iniciando una línea de investigación inédita en la historia de México, en general; y de la ciencia, en particular. Con esto queremos decir que no se trata de un problema nuevo, en su momento, ni sin raíces muy profundas para la sociedad mexicana. Lo que vamos a ver en el primer subcapítulo es el planteamiento histórico, desde los orígenes en la colonia hasta la emergencia de la lucha emancipatoria. Planteamos por tanto, tres cuestiones con las que se enfrentaron las personas en el siglo XVI, y que se resolvieron a destiempo, conforme la tecnología y la indagación teórica lo fueron posibilitando; a saber, el equívoco cartográfico, la medición y cálculo de la longitud, y los canales interoceánicos, que hasta hoy en día siguen causando comentarios a nivel político, social, etc. En el segundo subcapítulo, entramos de lleno con algunos de los personajes de nuestra historia, pero en un momento previo a la emergencia de los observatorios. Se trata de uno de los temas más dolorosos, y precisamente por eso, de los más encubiertos en la historia de nuestro país: la frontera Norte. En el tercer subcapítulo, veremos los pormenores de la emergencia del Observatorio Astronómico Central establecido en Palacio Nacional, presupuestado como temporal, y de carácter educativo e integrador, para la cartografía aún inconclusa de la República Mexicana. En el cuarto, es preciso detenerse en los detalles de la medición de longitudes entre los observatorios, puesto que son los puntos de referencias fijos para la cartografía nacional. En el quinto, revisamos brevemente el registro de las primeras observaciones del observatorio; y finalmente, el sexto subcapítulo, trata de la sección quizá más importante del observatorio: la geográfica-astronómica.

4.1. Introducción

El proceso de conquista, tanto como el de colonización, suponen un gran equívoco: el nulo conocimiento de estas tierras en la conciencia europea a su llegada; y por otro lado, la imprecisión de las observaciones astronómicas y cálculos teóricos, tanto como la falta de tecnología para la materialización plena de la conquista, pero que se daría no obstante, mediante un lento proceso de trabajos cartográficos, geográficos, astronómicos, geodésicos, topográficos, y meteorológicos. Sin embargo, se trata de un proceso secundario en tanto que lo primario era llegar al Asia por el océano Atlántico, aunque de inmediato se invirtieron las jerarquías de importancia para Europa; en otras palabras:

nos enfrentamos a un mismo fenómeno histórico en tres ramificaciones temáticas, casi simultáneas pero igualmente importantes para nuestro estudio: el equívoco cartográfico, en 1492 (el desconocimiento por parte de los europeos del continente posteriormente llamado América), la medición y cálculo de la longitud, 1541 (la incertidumbre geográfica en la práctica y en la teoría); y, los canales interoceánicos, en 1576 (dados los dos anteriores, cómo hacer para cruzar más rápido y con menos costo a través del continente).

Por lo tanto, todo lo anterior representa el punto de partida. Así que, en este apartado, debemos discernir mínima y brevemente, tres etapas no temporales sino temáticas, que nos ayuden a comprender los cambios de disciplina de acuerdo a las necesidades imperantes en el momento histórico; esto es, debemos entender que hay un solo problema que es visto desde varias disciplinas.

1) El equívoco cartográfico

Llamamos de esa manera, al proceso mediante el cual se delineó la cartografía, desde la geografía, de Nueva España. A partir de la llegada de los primeros europeos, los viajes de navegación no cesaron. Todos ellos aportaron datos cada vez más precisos. Desde la primera década del siglo XVI, la costa del Golfo fue recorrida por Alonso Álvarez de Pineda, quien llegó a la desembocadura del río Mississippi, en 1519; un año después, llegó Lucas Vázquez de Ayllón hasta una latitud de 32°. Por la parte del pacífico, Álvaro de Saavedra y Cerón partió de Zihuatanejo en 1527 hacia el sureste asiático. Tres años después, Diego Hurtado de Mendoza llega hasta las Islas Marías. En

1533, Fortín Jiménez llega a la península de Baja California, que Hernán Cortés recorrería hasta Cabo San Lucas, dos años después.

Hacia finales del siglo XVII, tanto las expediciones del Golfo, como las del Pacífico terminan. El primer conjunto de expediciones, con la participación de Carlos Sigüenza y Góngora en 1691, en una expedición encabezada por Andrés de Pes; y el segundo conjunto de expediciones, con la participación de Eusebio Francisco Kino en 1683, encabezada por Isidro de Antondo y Antillón. Todos los datos de las expediciones, sirvieron para delinear mapas parciales en un periodo de veinte años, de 1521 a 1541. Sin embargo, el primer mapa completo de Nueva España apareció en 1546, en la llamada *colección de Ramusio*¹⁴⁴. Paralelamente a las divisiones eclesiásticas, la política definía las demarcaciones internas de los territorios. Dice Trubulse: “La expansión colonial y las guerras de conquista de los pueblos que aún no caían bajo el dominio español, permitieron ampliar en número las subdivisiones territoriales, ayudando al mismo tiempo consolidar geográficamente las ya establecidas.”¹⁴⁵ En esa misma época aparecieron otros con mayor precisión cartográfica. Pero tal parece que la mayor precisión la alcanzó Sigüenza y Góngora hacia finales del siglo XVII, y sólo fue superada hasta casi un siglo después por José Antonio Alzate. Hasta aquí, la cartografía dejó de ser una herramienta de conquista, para convertirse después, ya para la nueva nación mexicana, una herramienta de defensa ante la expansión norteamericana.

2) La cuestión de la longitud (siglos XV-XVIII)

La medición de la longitud más antigua de la que tenemos noticia en el continente americano, es la que nos reseña Orozco y Berra en sus *Apuntes*. Se trata de un comentario que hace el primer Virrey de la Nueva España, Antonio Mendoza, al cronista Oviedo fechado el día 6 de octubre de 1541:

“por dos eclipsis de luna que ha avido, después que yo estoy en estas partes he verificado la longitud que hay hasta Toledo, é son ocho horas, é dos minutos é treynta é quatro segundos: é teniendo respecto á ello, hallo todo lo que desta mar del Sur está falso, por causa de los regimientos ser hechos en España, é procuro de havello corregir, é por esto no hago calidad de lo de antes de agora. Bien creo que essa cibdad, vos, señor é otras personas terniades cuenta con el eclypsi. Holgaria que me pagassedes en la misma

¹⁴⁴ Ver Trubulse (1985), p. 54.

¹⁴⁵ ídem, p. 55.

moneda, en escribirme á la hora que allí començo, para saber lo questa tierra dista dessa”¹⁴⁶

Orozco y Berra toma el dato que hace el virrey y vuelve a calcularlo tomando como referencia Madrid y obtiene una longitud de 121° 8' 30" que comparada, con la de su época de 6h 21m 43s2, equivalente a 95° 25' 48" en arco, da como resultado una diferencia de 1h 40m 50s8, que es un error repetido sesenta años después por Antonio de Herrera en España y la tergiversación de longitudes y latitudes que hace Gerónimo Girava en la misma época. Coincidimos con Orozco y Berra en que debieron haber personas que se ocuparan de calcular, y no solo observar, en estos mismos territorios. La importancia de la cita anterior queda manifiesta en la preocupación por localizar los lugares conquistados y colonizados, recién la llegada de los españoles. El de Antonio de Mendoza no es un comentario aislado, sino una parte de un discurso que, en el ámbito de la conquista es eminentemente político, pero a su vez, el modo de ejercer esa política reviste un carácter eminentemente tecnológico: la localización geográfica es una manera de llevar a su plena realización la conquista de los territorios ocupados por el ejército europeo. Recordemos que el primer plano de la ya ciudad de México, en su carácter de lugar conquistado, es el de Hernán Cortés¹⁴⁷.

En el siglo XIV y XV Portugal había navegado buena parte del Mediterráneo, mientras que Castilla había ocupado el archipiélago Canario en 1405. Además, por parte de los portugueses, la toma de Ceuta en 1415, la exploración de las costas africanas situadas al sur del cabo Bojador, y la utilización de la ruta de regreso desde el golfo de Guinea por alta mar, en 1475, todos estos acontecimientos marcan el inicio de un desarrollo sin precedentes en la náutica. Sólo hasta la extensión en el uso de carabelas y la práctica de nuevos métodos de navegación basados en la observación de los astros, se dio un cambio radical en la tecnología marítima. De esta manera, los reinos tanto de España como de Portugal vislumbraron la posibilidad de extenderse hacia otras tierras fuera de las costas europeas; se dio paso, entonces, al encuentro entre navegantes y astrónomos: la navegación astronómica encontraba su fundamento en la expansión territorial. El desarrollo de las primeras aplicaciones de la astronomía a la náutica se debe a los españoles y portugueses que vieron sus primeros resultados publicados en una serie de manuscritos llamados “regimientos”, utilizados por los pilotos

¹⁴⁶ Orozco y Berra (1881), p. 159

¹⁴⁷ Cortés, Hernán; *Cartas de Relación*, Se trata de la cuarta carta de relación, fechada el 15 de octubre de 1524; p.206.

portugueses. Las monarquías peninsulares fomentaron los viajes desde Europa hacia el Lejano Oriente. Los portugueses trataban de rodear toda África hasta que Vasco de Gama llegó a la India rodeando África por el sur; mientras que los castellanos apoyaron a un genovés, Colón, que les había propuesto una ruta tan desconocida como difícil: el atlántico; esto es, llegar a Asia por el Oeste. Posteriormente, Magallanes iniciaría la aventura, terminada por Elcano, de circunnavegar por primera vez el planeta.

Para entonces, las exploraciones geográficas, junto con la cartografía, se convirtieron en una práctica habitual en los viajes; de manera que, la determinación de las coordenadas geográficas se volvió imprescindible. El problema de la latitud podía resolverse relativamente fácil, midiendo la altura de la estrella polar desde el horizonte, que resulta equivalente a la altura en arco del punto de observación desde el ecuador. Para el hemisferio sur, se ocupa el mismo método, pero utilizando la cruz del sur. Para la longitud, el problema de su determinación fue resuelto hasta el siglo XVIII.¹⁴⁸

Los siete años que Cristóbal Colón ocupó para convencer a los monarcas de Castilla, se vieron coronados en la aceptación de su alternativa en 1492. Los cuatro viajes que definen la empresa colombina van desde este año hasta 1504, alcanzando una cifra de más de 1500 personas en 30 carabelas¹⁴⁹. Sus consecuencias políticas trascendieron hasta la redacción y aplicación de las bulas alejandrinas (1493) y el Tratado de Tordesillas (1494), consiguiendo con ellas, la apropiación territorial de todo lo que encontrasen. Por otra parte, las consecuencias de carácter náutico, dieron inicio a las expediciones concedidas por los Reyes Católicos en los años 1497 y 1503, llamadas viajes andaluces. Se trata de cerca de 80 expediciones que abarcaron toda América del Sur, y una de las cuales, encabezada por Américo Vesputio (1501-1504), llegó hasta los 46° de latitud sur, sospechando con ello, la posibilidad de encontrarse con un gran territorio continental¹⁵⁰.

Tanto Sevilla como el Puerto de Cádiz, se habían convertido en los puntos de tráfico marítimo y comercial con América. Los puertos de destino en nuestro continente se encontraban en Cuba, La Española y Puerto Rico; posteriormente, dada la actividad comercial, se extendió hacia Cartagena de

¹⁴⁸ Ver Lamb, U. (1995), cap. IV.

¹⁴⁹ González G. F. J. (1992), p. 39-41.

¹⁵⁰ Orozco y Berra, (1881), p. 26 y ss.

Indias, Portobelo, Veracruz y la Habana. Por la parte del Pacífico, el puerto de Acapulco era la referencia obligada hacia Manila¹⁵¹.

Para 1482, los portugueses habían creado la *Casa da Guiné*, trasladada posteriormente a Lisboa con el nombre de *Casa de Mina e da India*, cuya misión era fiscalizar la salida y llegada de los buques que viajaban por África rumbo al Oriente. En 1503, fue creada la *Casa de Contratación de las Indias Occidentales* cuya misión no sólo emulaba la de Portugal, sino que centralizaba las actividades técnicas referentes a la náutica. Cinco años después de su fundación, se creó el título de Piloto Mayor, que presupone el primer cargo técnico en la institución; pero conforme se fueron profundizando y ampliando las actividades marítimas y comerciales, se creó el título de Cosmógrafo Mayor hacia 1523 y cuya principal responsabilidad eran los asuntos referentes a las cartas de navegación y los instrumentos náuticos. Para 1552 se creó una cátedra de navegación y cosmografía¹⁵². Así como se avanzaba con los territorios ganados por la conquista y colonización de América, también se perdían constantemente buques no sólo españoles, sino portugueses, franceses e ingleses por un motivo a veces resulta imperceptible en la historia de la astronomía: la determinación de la longitud. Y resultaba difícil porque la medición exige la observación de un mismo fenómeno celeste en dos puntos diferentes y la obtención de la diferencia horaria entre ambas observaciones.

Como hemos visto, prácticamente todo el comercio no sólo de España, sino de la Europa occidental, estaba basado en la navegación. Así que no es de extrañarnos que ante la dificultad que planteaba el problema técnico de la determinación de la longitud los gobiernos estimularan su resolución. La Corona Española fue la primera en aventurarse a convocar un concurso en 1598, que estuvo vigente durante los reinados de Felipe II y III, y según el cual, aquel que presentase un método para determinar la longitud en el mar, sería acreedor a una renta perpetua de seis mil ducados y otra vitalicia de dos mil. Los personajes más destacados fueron Jean Morin, que propuso la observación de distancias lunares, no factible en su momento; Galileo, propuso la observación de los satélites de Júpiter, para cual ocupó su telescopio y las efemérides que él mismo había registrado, notando después que era más difícil llegar al resultado deseado como lo pensó originalmente; y

¹⁵¹ Ver el inciso c, del presente subcapítulo.

¹⁵² No cabe duda que estamos hablando del origen de lo que posteriormente serán los tratados de Cosmografía, y de Astronomía práctica, como los escritos por Anguiano y Díaz Covarrubias, respectivamente.

Van Langren, quien propusiera la observación de eclipses de luna. Aunque resultó impracticable éste último método, fue el más discutido de la época porque gracias a él, se lograron fijar varios puntos terrestres. Para Lamb el “ofrecimiento de generosas recompensas a la solución acertada de la longitud es un signo de decadencia, más bien que de progreso, en cuanto reto lanzado a los problemas insolubles con los medios y conocimientos entonces disponibles. Esto lo entendieron bien los competentes hombres de ciencia partícipes en el certamen; pero no así los patrocinadores.”¹⁵³

La determinación definitiva de la longitud se dio con el perfeccionamiento de algunos instrumentos, especialmente el cronómetro marino. Desde el siglo XVII ya se había propuesto la solución que consistiría en obtener la diferencia de horaria entre la hora del meridiano del punto de origen y la hora del meridiano local donde se encuentra el buque. La respuesta llegó desde que el parlamento inglés creó el *Board of longitude* para fomentar las propuestas. En 1736, John Harrison realizó varias pruebas entre Londres y Lisboa, en las que obtuvo buenos resultados y gracias a ello lo apoyaron para perfeccionar la experiencia anterior, y que pudo llevar a cabo hasta 1760, en un viaje de Portsmouth y Port Royal (Jamaica). El viaje duró 81 días y acumuló un error de 5 segundos; y a pesar de otro viaje exigido por los patrocinadores, no se le compensó como se le había prometido; de tal suerte, que abandonó el proyecto. Otros experimentaron con éxito el mismo método. Hacia 1776, los cronómetros del francés Berthoud fueron por Europa, América y África; y los resultados fueron tan favorables que, a partir de entonces, se hizo del dominio común.

Mientras tanto, en Nueva España el desarrollo que guió la medición y el cálculo de la longitud tampoco estuvo exento de problemas. Durante el siglo XVI, la longitud que se tenía por confiable era la de Antonio de Mendoza que ya hemos mencionado. En 1606, Henrico Martinez publicó una serie de datos en la que incluía una lista de 41 ciudades con su longitud geográfica respecto a la ciudad de México, colocada a $267^{\circ} 12'$, al Oeste de Toledo. Poco tiempo después, Diego Cisneros determinó la longitud en la segunda década del siglo XVII, ubicándola al oriente; esto es, $84^{\circ} 15'$ (5h 37m) al Oeste de Madrid. Sin embargo, Fray Diego Rodríguez realizó la medición más precisa de su época. La longitud de México para él era de 112° (7h 28m), al Oeste de Uraniburgo¹⁵⁴.

¹⁵³ Lamb, U. (1995), p.IV-126.

¹⁵⁴ Uraniburgo, fue la célebre isla, en Dinamarca, perteneciente a Tycho Brahe. Se trata de un gran observatorio donde Kepler intentó convivir con él. Fue hasta la muerte del anfitrión, cuando Kepler tuvo la

Orozco y Berra, estima que los cálculos de Diego Rodríguez, tienen una diferencia de apenas “ocho décimos de segundo en tiempo ó doce segundos de arco”¹⁵⁵, con respecto a la medición y cálculo de Francisco Díaz Covarrubias. Esto supone una mayor precisión que la alcanzada por Humboldt, siglo y medio después, y muy cercana a la calculada hacia la segunda mitad del siglo XIX.¹⁵⁶

Tanto Gabriel López de Bonilla, como Carlos de Sigüenza y Góngora, habían llegado a resultados similares. En respuesta a Humboldt, quien calificó como adivinanzas los cálculos de los mexicanos, Orozco y Berra dice: “me atreveré á observar que por un error de imprenta se pone que la diferencia de meridianos establecida por Rodríguez entre México y Vranienburg, es de 7h 25’, cuando el original dice 7h 28’. Algo me ocurriría decir en mi ignorancia contra los asertos del Sr. Humboldt, que dejaré en silencio; aunque no puedo menos de advertir, en vista del desden con que se trata á nuestros hombres, que si Rodríguez, Bonilla y Sigüenza no estaban en estado de llegar á los resultados exactos que dieron, no por eso deja de ser cierto que fijaron la longitud de México con la precision que no alcanzaron los astrónomos europeos del siguiente siglo, y que, si *adivinaron* esa misma longitud, el que la adivinanza ha sido hecha por tres personas diferentes y en diversos tiempos, dice mucho a favor de la suficiencia científica de los geómetras mexicanos.”¹⁵⁷ La disputa tiene su fundamento en los siguientes valores. En la Europa del siglo XVIII, existía un claro consenso sobre la imprecisión de la longitud. En 1727, Hire daba una longitud de 107° 30’ (7h 10m) al Oeste de París; en 1740, Cassini sacó a la luz un valor de 106° (7h 4m) respecto al mismo punto; en 1772, el *Connaissance des temps*, estableció el valor de 106°; finalmente, en 1720 L’Isle había alcanzado un valor de 104° 45’, también referido al mismo punto, que se había convertido en el más aceptado por los europeos de su época.

En Nueva España, Villaseñor obtuvo una longitud de 105° 50’ al Oeste de París. Alzate da varios valores que distan 2° de diferencia; el más aproximado de los cuales establece una longitud de 100° 30’. Hacia 1762, Velázquez de León obtiene un valor de 101° 45’ al Oeste de París¹⁵⁸; pero de las discusiones

oportunidad de acceder a sus mediciones, que eran las más precisas del mundo. Este es uno de los capítulos de la revolución científica el siglo XVII.

¹⁵⁵ Orozco y Berra (1881), p. 221.

¹⁵⁶ Ídem, p. 223. Ver también Trabulsee, E. (1982), p. 52-59.

¹⁵⁷ ídem.

¹⁵⁸ ídem, p.319; y Moreno (1997), p.146.

y nuevos cálculos, en 1778, y junto con León y Gama, obtiene un valor de $101^{\circ} 30'$, con el mismo punto de referencia¹⁵⁹. Este valor será tan aceptado que, posteriormente, Humbolt la adopta como el más preciso; hasta que en 1859, Francisco Díaz Covarrubias mide y calcula la que permaneció como la medida más precisa; tomando como referencia al Colegio de Minería. El resultado que obtuvo para la latitud Norte es, $19^{\circ} 26' 12''3$; para la longitud, $99^{\circ} 7' 8''4$ (equivalente a 6h 36m 28s 56) al Oeste de Greenwich¹⁶⁰.

Junto con el problema de la determinación de la longitud, estaba la determinación del Meridiano cero; esto es, un meridiano de referencia tomado como origen para la determinación de los otros meridianos del planeta. En la antigüedad, Ptolomeo había usado como referencia uno muy cercano a las Canarias; los árabes habían tomado a Gibraltar. Desde el siglo XIII, se usó Toledo por la importancia que le daba Alfonso X de Castilla, creado de las tablas alfonsinas; además, recordemos que la primera medición de la longitud de la ciudad de México estuvo referida a dicho lugar. Ya en el siglo XVI, Mercator propuso las Azores. En Francia se utilizaba la isla de Hierro, a 20° de longitud oeste desde el observatorio de París. Para ese entonces los británicos ya usaban Greenwich como referencia, que finalmente resultó ser la más socorrida por los navegantes, incluso por el importantísimo observatorio de Cádiz fundado en 1753.

3) Los canales interoceánicos

El istmo de Tehuantepec es un hito en la historia de México y Latinoamérica. Escribimos el presente trabajo, justo cuando se ha suscitado una serie de polémicas sobre la selva de los chimalapas, en la frontera entre Oaxaca y Chiapas, en pleno istmo; y, sobre el llamado “Plan Puebla-Panamá”, que es un programa gubernamental que geográficamente abarca a los tres istmos del continente: Tehuantepec, Panamá y Rivas.

Según Orozco y Berra, el documento más antiguo del que hay historia sobre el istmo de Tehuantepec, es un mapa levantado por Francisco Stroza Gally, anexado a un informe, escrito por Suero Cangas de Quiñónez sobre el estado en que se encontraba Coatzacoalcos hacia 1579. El mapa contiene la ruta navegada junto con las coordenadas geográficas aparentemente bien determinadas (latitud: 18° norte, y longitud: 77° sin especificar el meridiano

¹⁵⁹ ídem, p. 300.

¹⁶⁰ Ver Díaz Covarrubias (1859), (1860a) y (1863c).

de referencia). Al notar la imposibilidad de navegación fluida, segura y rápida, dejaron de lado algún proyecto mayor. Así que durante el siglo XVI, sólo fue usado para transportar madera a la Habana, y añil de Guatemala hacia Veracruz. Sin embargo, su utilidad se redimensionó a finales del siglo XVIII debido a la necesidad de llevar artillería, municiones, entre otras cosas, de Veracruz a México, y de México a San Blas. Para hacer más rápido y seguro el viaje desde el atlántico al pacífico, La Corona Española comisionó a Agustín Crame en 1774, para reconocer el río Coatzacoalcos y formar el mapa del istmo, que pasó sin pena ni gloria. Posteriormente, se comisionaron a Miguel del Corral y al capitán Joaquín Aranda para la misma actividad, pero desde la barra de Alvarado. Su exploración duró casi un año, terminando en julio de 1777. Pero se dieron cuenta que era demasiado complicado y costoso para los fines que perseguía la Corona Española en su momento.

Hasta 1814, la Corona resolvió en abrir un canal que, como sabemos, fue demasiado tarde porque ya había comenzado la lucha de independencia. Diez años después, el gobierno de Veracruz comisionó a Simón Tadeo Ortiz para levantar mapas de la zona. Paralelamente, Guadalupe Victoria comisionaba a Juan Orbegoso con la misma misión; sólo que éste, sí efectuó medidas propias y muy precisas de los terrenos. En febrero de 1842, José de Garay, presentó al gobierno una propuesta para ser el ejecutor de un proyecto que abriera un canal. En una semana tuvo la respuesta afirmativa. En abril del mismo año, formó un equipo compuesto de Cayetano Moro, como director; Manuel Robles Plezuela, en las observaciones astronómicas y José González y Robles, en las medidas trigonométricas. Desde el 5 de marzo empezaron sus actividades técnicas, que incluían, medición y cálculo de latitud, temperatura, presión atmosférica y nivelación barométrica, practicadas en 50 lugares del istmo. A pesar de la precisión y cuidado del reconocimiento y levantamiento de los planos, no se concretó nada. El provecho que obtuvieron los norteamericanos en 1847, fue el reconocimiento efectuado por Perry del río Coatzacoalcos, y una comisión financiada por la compañía ferrocarrilera de Nueva Orleáns, encabezada por Barnard, y finalmente publicada en 1852, tanto en inglés y en español.

En una plática personal, nos decía Elías Trabulse, que la *Commission Scientifique du Mexique*, fue un embudo de donde emergieron ideas e instituciones, tanto como estudios de todas las disciplinas que posibilitaran un redescubrimiento. Maldonado-Koerdell sostiene que las intervenciones norteamericana y francesa tienen claras coincidencias de dominio y

hegemonía; sin embargo, en el fondo de las mismas había motivos divergentes:

en el primer caso el origen y desarrollo de tales investigaciones tenían un fin concreto: establecer rápidas vías de comunicación que formasen una especie de canevá de penetración y dominio en tanto que en el segundo caso la concepción era más amplia (y pudiera decirse, tal vez, más generosa), con carácter absolutamente científico no desprovisto de aplicaciones respecto a medidas sanitarias y económicas que se implantarían bajo la protección del ejército francés.¹⁶¹

Los dos antecedentes inmediatos de la intervención en el plano de la exploración científica, fueron los trabajos de Humboldt, que reconocían un gran avance de los métodos e instrumentos que utilizó, tanto como por señalarlas carencias en varias disciplinas como la cartografía, geografía, etc.

Por otro lado, el viaje de Egipto de Napoleón I, a principios del siglo XIX, sirvió para que Napoleón III creara la *Commission Scientique du Mexique*, cuya labor consistiría esencialmente en el redescubrimiento del país mediante investigaciones y publicaciones después de explorarlo amplia y profundamente, aunque sus propios límites no eran del todo conocidos en París. Apenas habían pasado 15 años de haber sufrido México la mutilación de su territorio por los norteamericanos, en 1848 y 10 de la venta de La Mesilla, en 1853 y aún el Ministro de Instrucción Pública Duruy decía en un informe al Emperador que la extensión de nuestro país iba desde el Golfo de Darién a las cabeceras de los ríos Bravo (del Norte) y Colorado¹⁶². El ejército francés entró a la Ciudad de México en 1863, mientras que Michel Chevalier en su libro *le Mexique Ancien et Moderne*, justifica la invasión; y a nivel político, reprocha los problemas que se suscitaron con Benito Juárez y la Iglesia; de ahí, que Francia se autoproclamara para una regeneración que el Papado pedía. Hacia febrero de 1864, iniciaron los trabajos en París, mediante un decreto imperial; inmediatamente después, otro decreto, establecía las finalidades, áreas de estudio, personal, orientaciones, etc. Al poco tiempo, Duruy, queda como Presidente de la Comisión; Quatrefages, como vicepresidente; Joaquín Velásquez de León, como corresponsal en México, junto con otros ministros del gabinete de Maximiliano. Hacia julio del mismo año, empiezan a llegar viajeros y exploradores. Los comités incluyen las siguientes disciplinas: Ciencias naturales y médicas, Ciencias fisico-químicas Historia, Lingüística,

¹⁶¹ Maldonado-Koerdell (1963), p. 240.

¹⁶² ídem, p. 242.

Arqueología, Etnología, Economía Política, Estadística, Obras públicas, y Asuntos administrativos.

Tal parece que la cuestión de los istmos es central en este análisis. Maldonado-Koerdell, llama la atención sobre un documento, escrito por el mineralogista, geólogo y explorador, E. Guillemin-Tarayre¹⁶³, en cuyo contenido describe la ruta desde Panamá, “puerto de ingreso a la Costa del Océano Pacífico, hasta San Francisco, California, para visitar esa entidad y el territorio de Nevada y luego bajar a la Paz, Baja California, Mazatlán, Sinaloa y Guaymas, Sonora, cuyas áreas cercanas pudo estudiar y seguir al centro de México por San Blas, Guadalajara, el Bajío hasta la capital. Nuevamente en el campo, visitó la mesa central (siguiendo a las tropas francesas) hasta Chihuahua, estudiando las mejores minas mexicanas y regresó a la Ciudad de México para salir del país por Veracruz.”¹⁶⁴ No es casual, que la empresa francesa, haya generado más de 40 sesiones en París, movilizandoinstituciones tanto francesas como mexicanas, durante un periodo de tiempo relativamente corto (1863-1867). Después de esta experiencia, Francia invirtió todas sus energías en la construcción del canal en Panamá. Los norteamericanos amenazaron con construirlo en el istmo de Rivas, Nicaragua, que ante las impagables deudas contraídas por el gobierno francés, junto con las enfermedades que mataron a miles de personas en su construcción y un sinnúmero de adversidades más, no tuvieron otra alternativa que vender el proyecto a los Estados Unidos de Norteamérica. Esta nueva nación empezaba a sorprender al mundo con sus escasos 100 años de edad, al lanzar su primer ataque imperial en contra de España, para apropiarse de Cuba y Manila, hacia finales del siglo XIX; hablamos de la misma nación que había intervenido innumerables veces en México y con los mismos fines. Además, por esa época, llevaba a cabo la separación de Colombia y Panamá para tener libre acceso en la zona del Darién. A cien años de estos acontecimientos, hemos visto la necesidad de recordar, por la parte técnica, estos hechos que delinearon la fisonomía cultural de nuestros pueblos.

¹⁶³ Se trata del Vol III de los *Archives de la Commission Scientifique du Mexique*, de 1869; bajo el título *Exploration Minéralogique des Régions Mexicaines suivis des notes Archéologiques et Ethnographiques*.

¹⁶⁴ *ibidem*, p. 245.

4.2. La astronomía de posición en la geografía mexicana hacia la segunda mitad del Siglo XIX

Con el *Tratado de Paz, Amistad y Límites* el 2 de febrero de 1848, se dio fin a la guerra entre la naciente República Mexicana y los Estados Unidos de Norteamérica. En él se establecieron los límites que debieron trazarse como definitivos en el doloroso proceso de reconciliación. En el artículo V, se nombra la comisión para señalar, demarcar los límites y levantar los planos de los más de 4,000 kilómetros de frontera. No obstante su ratificación el 30 de mayo de ese mismo año, la bandera estadounidense siguió ondeando en Palacio Nacional hasta el 12 de junio.

Hasta el 2 de noviembre, el Presidente mexicano José Joaquín de Herrera, decretó el nombramiento de Pedro García Conde, como Comisario; José Salazar Ilarregui, como agrimensor; Francisco Jiménez¹⁶⁵ y Francisco Martínez de Chavero, como ingenieros de primera clase; Agustín García Conde y Ricardo Ramírez, como ingenieros de segunda clase; y Felipe de Iturbe como intérprete y traductor.

Los 8 mil pesos que originalmente se habían destinado a los instrumentos se perdieron, porque el proveedor les había mandado otros de menor calidad; así que tuvieron que utilizar los que usaban en el Colegio Militar y el Colegio de Minería. Los principales eran, un anteojo meridiano y un círculo vertical, entre otros auxiliares. Hasta el mes de abril del siguiente año, la comisión salió rumbo a San Diego. Llegaron después de 76 días de viaje, el 3 de julio de 1849. Los equipos norteamericano y mexicano se reunieron el día 7 para discutir y planear las operaciones; y dos días después, lo aprobaron.

Los trabajos los habían dividido en dos grandes partes: la primera correspondiente al trabajo de campo, a su vez dividido en tres etapas; y el trabajo de gabinete, que representa la cuarta y última etapa. Los objetivos para la primera parte eran: a) la exploración del terreno; b) la determinación geográfica por medio de observaciones astronómicas; c) la observación y cálculo de triangulaciones topográficas; y, d) el establecimiento de monumentos que definan los límites fronterizos. Para otra parte, el trabajo de gabinete, tuvo como objetivo, el análisis numérico y elaboración final de la

¹⁶⁵ Francisco Jiménez será el primer director del Observatorio Astronómico Central establecido en Palacio Nacional; su trabajo en esta comisión determinaría sus estudios posteriores: Jiménez (1859a), (1859b), (1860), (1862), (1863a y d), y (1871).

Cartografía, cuyo resultado final fueron 58 mapas, de los cuales 4 eran generales a una escala de 1:600,000; y, 54 particulares, a una escala de 1:30,000, y 1:60,000.

La primera etapa quedó definida por el trazo fronterizo entre las dos Californias. Entre el 28 de julio y el 13 de octubre de 1849, correspondientes al primer estudio de campo, determinaron el punto más austral del puerto de San Diego, midieron una legua marina a partir de la cual debieron referir al observatorio el punto inicial para determinar la posición astronómica; esto es, la posición geográfica, cuyas coordenadas son las siguientes:

Latitud Norte: 32°31' 59" 63

Longitud: 7h, 48m, 21.10 s

En arco: 117° 08' 29"7 al Oeste de Greenwich¹⁶⁶

En el segundo estudio de campo (del 30 de noviembre de 1849 al 21 de enero de 1850) definieron la confluencia de los ríos Gila y Colorado y unieron en línea recta el punto inicial.

Latitud Norte: 32° 43' 32"3

Longitud: 114° 36' 09"9 al Oeste de Greenwich

La unión geográfica de los dos puntos anteriores quedó establecida formalmente el 27 de marzo de 1850¹⁶⁷. Después de determinar los puntos adicionales situados por la comisión¹⁶⁸ regresaron a la Ciudad de México por falta de apoyo. La experiencia en este tramo de la frontera había sido notoriamente negativa; no sólo se sentía la desventaja técnica con respecto a los 20 miembros del equipo norteamericano, sino con respecto a la seguridad del camino en los viajes y en los lugares donde trabajaban.

En diciembre de 1850, la Comisión de Límites llegó a "El Paso del Norte", para proseguir la segunda etapa de la demarcación fronteriza. Se trataba de,

trazar la línea desde el punto donde el río Bravo corta el lindero meridional de Nuevo México al Norte de la Ciudad de El Paso y registrar la

¹⁶⁶ Orozco y Berra (1881), p. 438.

¹⁶⁷ Ver tabla en Tamayo (2001), p. 49.

¹⁶⁸ Ver tabla en Tamayo (2001), p. 42; y Orozco y Berra (1881), p. 439.

topografía del río Gila hasta su confluencia con el Colorado; además, tenían que hacer el reconocimiento del río Bravo.¹⁶⁹

Se inicia el 1 de enero de 1851. Se agregaron al equipo Juan B. Espejo, como segundo ingeniero; Manuel Alemán, Agustín Díaz y Luis Díaz, como agregados. El observatorio que establecieron tenía como coordenadas:

Latitud Norte: 31° 44' 15.7"

Longitud al oeste de Greenwich: 106° 29' 00.0"¹⁷⁰

Las coordenadas de El Paso diferían del mapa de Disturnell¹⁷¹: la latitud en 55 km. y en longitud al oeste de Greenwich, 152 m; en suma, se trataba de un área aproximada de 8,300 km².¹⁷²

Las incongruencias que encontró García Conde obligaron a las dos comisiones a un acuerdo que consistía en marcar la línea como se mostraba en el mapa de Disturnell porque las coordenadas de El Paso estaban mal establecidas. Posteriormente Salazar Ilarregui y A. W. Whipple se reunieron para formar un documento fechado el 23 de diciembre de 1850, donde definen los términos en los que arreglarían este problema localizando el paralelo 32° 22', para marcar el límite sur de Nuevo México. Así quedó la línea fronteriza que une el punto definido por la confluencia de los ríos Gila y Colorado, con el otro definido por el corte del río Bravo y el límite austral de Nuevo México.

De abril a septiembre de 1851 iniciaron la exploración del río Gila. La división del trabajo quedó como sigue: la localización topográfica del río Gila, le correspondió a A. B. Gray, la marcación astronómica de la confluencia de los diversos ríos con el Gila desde el límite occidental de Nuevo México hasta los pueblos de los Pimas, que quedó a cargo de A. W. Whipple. Y de este último punto hasta la confluencia con el Colorado; quedó a cargo de los mexicanos Jiménez, Alemán y Agustín García Conde.

En seis meses no recibieron sueldo; además, en un lugar hostil. Por otra parte, la ausencia de García Conde, quien muriera en diciembre de 1851, imposibilitó una organización que administrara con mayor eficiencia los recursos. En esas mismas fechas se vieron obligados a enterrar algunos

¹⁶⁹ Tamayo (2001), p. 48-49.

¹⁷⁰ Orozco y Berra (1881), p. 441.

¹⁷¹ Mapa del Tratado de Guadalupe-Hidalgo, se puede ver un fragmento en Vázquez, J. (1997), p. 149.

¹⁷² Se trata de un cálculo de las unidades empleadas actualmente, hecho por Tamayo (2001), p. 51.

instrumentos porque no podían cargarlos sin las mulas que acababan de morir, o que se encontraban enfermas. Fue entonces cuando llegaron al cruce del río Gila el río Colorado.

Hacia mayo de 1852, después de situar algunos puntos astronómicamente, siguieron hacia El Paso. En sustitución de J. D. Graham, del cuerpo de ingenieros topógrafos de la Armada de los Estados Unidos, William Emory ratificó el acuerdo Bartlett-Conde, según el cual se requería situar astronómicamente todos los pueblos y villas cercanas a la ribera del río. Para llevarlo a cabo, el trabajo se dividió en seis secciones:

1. Del punto inicial en donde el río Bravo se une con el límite meridional de Nuevo México hasta la colonia civil de San Ignacio.
2. De San Ignacio hasta el Presidio del Norte.
3. Del Presidio del Norte a la colonia militar de Agua Verde.
4. De Agua Verde a Laredo.
5. De Laredo a Matamoros.
6. De Matamoros a la boca del río Bravo.

La primera y la sexta, la realizaron las dos comisiones; la comisión de los Estados Unidos de Norteamérica, haría la segunda y la cuarta; y la mexicana, la tercera y la quinta. De esta manera, de San Ignacio debían llegar al punto $32^{\circ} 22'$, pero fue imposible por robos y disputas de parte de algunos indios. De marzo a octubre de 1852, trabajaron en los puntos que debían localizar astronómicamente. A fines de año, debieron partir a la Ciudad de México rumbo a Veracruz para embarcarse a Matamoros donde llegaron el 29 de marzo de 1853, y proseguir los trabajos hacia Laredo. Desafortunadamente, hasta finales de junio consiguieron dinero y provisiones para seguir trabajando. En abril, establecieron el observatorio astronómico en Matamoros con las siguientes coordenadas:

Latitud norte: $25^{\circ} 57' 14''13$

Longitud al oeste de Greenwich: $97^{\circ} 07' 30''67$

Los objetivos eran: a) levantar el plano de la desembocadura del río Bravo; b) formar la topografía de la corriente de este río; c) situar astronómicamente los principales puntos en su borde.

El 25 de septiembre llegaron a Nuevo Laredo, donde debían cumplir con la quinta sección. En todo el mes de octubre cubrieron 13 puntos.¹⁷³ Al regresar a Matamoros, el 25 de diciembre de 1853, el traductor Felipe Iturbide había fallecido a causa de la fiebre amarilla y para los siguientes meses Luis Díaz estuvo a punto de perder un ojo. Así que, desde marzo a septiembre de 1854, Agustín Díaz completó los trabajos referentes a las secciones primera, quinta y sexta.

Parecía que todo estaba concluido, sin embargo tropas estadounidenses que se habían establecido en la Mesilla para ese tiempo reclamaban que el territorio al norte de El Paso siempre había sido parte de Nuevo México. Cuando la comisión de límites llegó a la capital se encontraron con que Santa Anna había firmado un nuevo tratado fronterizo. Lo que estaba en juego para los Estados Unidos era un territorio por donde debía pasar una línea de ferrocarril ya proyectada que cruzaba de este a oeste; además la posición de El Paso estaba mal determinada en el mapa de Disturnell: según éste, la latitud era 32° 22', cuando en realidad era, 31° 44'. Se trata, entonces, de atravesar el continente americano; esto es, de sustituir los canales interoceánicos¹⁷⁴.

Las mediciones que resultaron erróneas fueron el mejor pretexto para que los norteamericanos pensarán seriamente en anexar México a su territorio. Cuando William Carr Lane mantenía ocupada La Mesilla, James Gadsden fue enviado por su gobierno para hacerse de más territorios con menos obligaciones y más derechos. La propuesta de Gadsden tenía cinco planes: el primero incluía toda Baja California, y representaba una superficie de 323,750km², aproximadamente; para ésta ofrecían 50 millones de pesos. La segunda también incluía a Baja California entera, pero su superficie era de 129,500km², aproximadamente, para la cual ofrecían 35 millones de pesos. El tercer plan, incluía una superficie de 176,120km², aproximadamente, con 30 millones de pesos como pago. Para el cuarto plan, disminuía la superficie a 46,620km², y pagaban 20 millones. El quinto plan, solo trataba de la adquisición del terreno necesario para la construcción del ferrocarril; para lo cual deberían pagar 15 millones¹⁷⁵.

Bajo estos supuestos, el 30 de diciembre de 1853, se firmó el Tratado de La Mesilla o Gadsden, donde México vendió 67,819 km² por 10 millones de pesos, de los que fueron pagados solo 7 millones. Se trataba de un área un

¹⁷³ Tamayo (2001), p.73; y, Orozco y Berra (1881), p.444.

¹⁷⁴ Ver siguiente inciso.

¹⁷⁵ Ver notas 23, 24, 25 y 26, al pie de página de Tamayo (2001), p.89; y mapa en p. 91.

poco mayor que la del actual estado de Nuevo León¹⁷⁶. Para llevar a cabo la nueva delimitación fronteriza el gobierno mexicano comisionó a Salazar Iarregui, quien incluyera en su propuesta, los sueldos que no se le habían pagado en la otra comisión y un mayor presupuesto para los involucrados con la nueva aventura¹⁷⁷. La propuesta de presupuesto, daba un total de \$250,000 pesos; la del personal, incluía a 16 personas; y la lista de instrumentos, daba como resultado total, una suma de \$5,072; para 28 instrumentos principales y auxiliares. Después de mes y medio de haber visto rechazada su primera propuesta, la segunda, que tenía como suma total \$80,000 por año, volvió a ser rechazada. Hasta septiembre hubo un acuerdo según el cual, Salazar Iarregui se sujetaría a un presupuesto de \$58,550 pesos por año¹⁷⁸. La desventaja con la comisión estadounidense era muy notoria en presupuesto y personal; y por ello, la mexicana tardaría más tiempo y tendría mayores dificultades.

Para octubre, empezaron a organizarse por secciones: la Sección del Bravo, trabajaría desde Presidio del Norte hasta Laredo; y estaba encabezada por Fernández Leal con Francisco Herrera y Miguel Iglesias. La Sección Norte, estaba encabezada por Salazar Iarregui, con Ignacio Molina y Manuel Contreras. La Sección Sonora, tenía como cometido trazar la línea divisoria de 31° 20' de latitud Norte con meridiano de 111° de longitud oeste de Greenwich, debía terminar 32.186 km debajo de la confluencia de Gila y Colorado; estaba encabezada por Francisco Jiménez con Agustín Díaz, Luis Díaz y Manuel Alemán.

La tercera etapa, consistía en trazar una línea paralela a una latitud de 31° 47' sobre la que debían medir 160.930 km al Oeste de Greenwich, desde el Río Bravo. Salazar I. y W. H. Emory se reunieron el 2 y 4 de diciembre de 1854, para planear y firmar un acta. La medición de este punto inicial fue medida por los dos comisionados y quedó establecida formalmente el 10 de enero de 1855. Las coordenadas eran:

Latitud Norte: 31° 47' 00''

Longitud al Oeste de Greenwich: 106° 31' 20''8

El 5 de febrero de 1855, Salazar Iarregui manda una carta al Ministro Manuel Diez de Bonilla donde le hacía ver la imposibilidad de continuar con

¹⁷⁶ Ver nota 27, ídem, p92.

¹⁷⁷ Ver cuadro 1, ídem, p. 97; cuadro 2, p. 98; cuadro 3, p. 99.

¹⁷⁸ Ver cuadro 4, ídem, p. 101.

su trabajo de no mandar el dinero suficiente. En una frase memorable, dice: “por grande que sea mi patriotismo es mayor mi imposibilidad”¹⁷⁹. Santa Anna se sintió ofendido, después de negarle varios meses la escolta a la comisión, hacia el mes de mayo se la envió para arrestarlo en la Ciudad de México.

Para mediados de junio las protestas se habían multiplicado hasta en Estados Unidos; pero finalmente, el 25 de julio quedó fuera y se reincorporó de inmediato a la comisión. Después de sus respectivos incidentes, las secciones que componían la comisión llegaron y se reunieron en la Ciudad de México, el día de 16 de febrero de 1856; aunque, formalmente, en diciembre de 1855 la Construcción de los monumentos marca el final del trabajo de campo, que representa la tercera etapa¹⁸⁰.

De acuerdo a los tratados de Guadalupe-Hidalgo (1849-53), y de La Mesilla o Gadsden (1854-55), la cuarta etapa consistía en construir los mapas con los datos más precisos levantados en las etapas anteriores; para tal fin, el día 5 de junio de 1856, el comisionado Salazar Ilarregui; los primeros ingenieros, Francisco Jiménez, Manuel Alemán, Agustín Díaz y Luis Díaz; y los asistentes, Ignacio Molina, Julio Pinal y Antonio Espinosa y Cervantes partieron hacia Washington. La reunión con los comisionados norteamericanos encabezados por W. H. Emory se llevó a cabo en el mes de julio; en ésta acordaron que los mapas se harían en dos escalas, por duplicado, llevarían la firma de los dos comisionados, y las dos comisiones podrían intercambiar todo tipo de datos. A raíz de estos trabajos se elaboraron 58 mapas que permanecen en cuatro carpetas¹⁸¹. Además, se inició una nueva etapa en la cartografía y geografía en México, no menor en importancia, que la definición de las relaciones entre ambos países.

4.3. Meridianos universales

La dimensión política de la navegación alcanzó en el siglo XIX su más profundo avance. Las unidades de medida ocupadas para prácticamente todas las técnicas fueron de vital importancia. Por tanto, se volvió indispensable la unificación de los patrones de medidas con los que se parte para crear todo un esquema tecnológico para el avance cultural de las naciones.

¹⁷⁹ Citado en Tamayo (2001), p. 116.

¹⁸⁰ Tamayo (2001), p.148-158; y, ver mapa, en ídem, p. 159.

¹⁸¹ Ver detalles, ídem, p. 161-169.

La primera manifestación a favor de la unificación de la longitud, fue hecha por el Congreso Geográfico de Venecia en 1881. En el siguiente año, el Congreso de los Estados Unidos planteó la necesidad de dicha unificación a su presidente; el cual convocó a una Conferencia Internacional en Washington que se llevó a cabo hasta el primero de octubre de 1884. No obstante, la Comisión Permanente de la Asociación Geodésica Internacional convocó en octubre de 1883, la Séptima Conferencia en Roma. A pesar de que la Geodesia se ocupa principalmente de la forma y dimensiones de la Tierra, fue esta institución donde se sentaron las bases para la unificación del meridiano inicial común.

Séptima Conferencia Geodésica Internacional (Roma, Octubre de 1883).

Ya tiempo antes se había planteado que la dificultad física para elegir un meridiano inicial común es que en la naturaleza no se encuentra alguna señal que pudiera tomarse como único. De aquí se desprende que la dificultad es eminentemente política: se vuelve una elección arbitraria, y por un lado, dependerá también del país que se perfile para seguir en un proceso más avanzado de desarrollo.

Quizá no sea del todo explícita la relación que tiene la astronomía con la mayoría de las disciplinas (Geografía, Geodesia, Meteorología, Navegación, Cartografía), que en el siglo XIX, juegan un papel determinantes para los cálculos celestes. Veamos de manera muy somera, pero sin descuidar el hilo discursivo, cómo se van relacionando estas disciplinas con el problema de la unificación.

La astronomía que se desarrolla como parte de la cultura occidental en esta época es posicional, o de posición; esto es, se ocupa de precisar la posición de los fenómenos celestes dentro de un esquema muy específico de coordenadas. Lo mismo se ocupa de ubicar un planeta que pasa entre la Tierra y el Sol, así como de las manchas solares o un eclipse.

Hablar de posición celeste implica, necesariamente, ubicar al observador en un punto de observación terrestre con respecto a un sistema de coordenadas específico; problema que atañe a la geografía. De manera secundaria, pero no menos relevante, la meteorología requiere de la unificación de las horas a partir de la unificación del meridiano para poder

llevar el registro de los fenómenos en varios lugares simultáneamente. Conforme se van expandiendo las grandes potencias europeas, los almanaques, tablas de efemérides, sistemas de unidades, etc. también adquieren relieve en la vida de los observatorios menos desarrollados como el de Tacubaya.

Ahora bien, cuáles son las razones que se daban para la unificación del meridiano inicial en la séptima conferencia. Una lectura atenta de este hecho indica que la razón manifiesta para los países convocantes es la economía del tiempo y de los cálculos para la conversión de entre los varios sistemas que se utilizaban. Cabe hacer notar, que no se menciona a la navegación dentro de las disciplinas que se relacionan a la astronomía.

La Séptima Conferencia sostiene, no obstante, que debe haber dos condiciones, mínimas y necesarias, para el establecimiento del meridiano universal:

- a) *Suficiencia de precisión y garantía de invariabilidad.* Para obtener medidas óptimas para su uso, se debe tener como precisión, para la navegación, de medio minuto de arco; o 2 segundos de tiempo, que corresponden bajo el Ecuador a cerca de 1 km. Y para la Astronomía y la Geodesia, de centímetros de segundo, que corresponden a una decena de metros.
- b) *Facilidad de redes de comunicación y medición del tiempo.* Para determinar tanto la latitud como la longitud de un observatorio, es necesario referirlo a lugares fijos, como pueden ser otros observatorios; con ello, se garantiza la infraestructura de los telégrafos, porque había servido como método para la medición de la Longitud, por un lado; y por otro, dado el registro simultáneo de un fenómeno.

Por el carácter de estas condiciones hubiera sido imposible escoger el estrecho de Behring como estaba propuesto: por ser un lugar situado en el mar y por tanto, altamente variable; y por no tener la infraestructura de redes telegráficas con ningún país.

Así mismo, los argumentos que se dan sobre las condiciones anteriores son:

- a) Aprovechar los observatorios que ya estaban construidos y en los que, además, se ha construido parte del conocimiento acerca de la Astronomía.
- b) Los que cuentan con las publicaciones más importantes: Greenwich, París y Washington.

Una vez establecida la terna, se debieron hacer dos consideraciones: la primera consiste, en escoger la que tenga mayores probabilidades de ser aceptado por la generalidad. Y la segunda, en que fuera la que causara el menor trabajo de cambios en las publicaciones hechas hasta el momento. Finalmente, leemos la elección:

Reducido á esta forma el problema, no es dudoso que debe resolverse a favor del meridiano de Greenwich, que es, con mucho, el más extendido actualmente y que satisface mejor á las condiciones enunciadas, bajo el punto de vista geográfico, náutico, astronómico y cartográfico.¹⁸²

La unificación de las horas

A partir de la experiencia anterior, de la unificación del meridiano inicial único, se establece la necesidad de replantear el problema de los husos horarios. De principio, algunos países occidentales manifestaron su inquietud por unificar las distintas horas locales en una sola hora universal. Sin embargo, no fue posible por la trasposición en las horas locales de un lugar con respecto a otro lugar, diametralmente opuesto, la longitud. Leemos

...no solamente la Astronomía no puede determinar directamente sino la hora local, sino que todas las coordenadas celestes, geográficas, náuticas, reposan en observaciones hechas con arreglo á la hora local; la mayor parte de las observaciones meteorológicas, magnéticas y otras semejantes deben igualmente ser distribuidos conforme á la hora local. Y por otra parte, para combinar las observaciones hechas en diferentes lugares, hacerlas comparables y deducir de ellas consecuencias generales para la ciencia, es preciso referirlas á una sola y misma hora, y no á un grupo de horas regionales que no serian mas que un intervalo meridiano, ya insuficiente ó ya perjudicial.¹⁸³

¹⁸² Anguiano, A. *La unificación de las longitudes por la elección de un Meridiano inicial único*, en Anuario para el año de 1885, p.165.

¹⁸³ ídem, p. 173.

Ya en 1879, Sandford Fleming, del Instituto de Canadá y Cleaveland Abbe, de la Sociedad Meteorológica Americana, propusieron hacer coincidir la hora y el día astronómicos con la hora y día internacionales; propuesta que tuvo la incidencia necesaria para ser apoyada por otros miembros; dice literalmente, consiste en,

arreglar la hora universal al meridiano que está á 180° del de Greenwich, es decir, hacer comenzar el dia cosmopolita en el momento de media noche de aquel meridiano, ó lo que es lo mismo, á medio dia medio de Greenwich.¹⁸⁴

Todo esto desembocaría en una ecuación que relaciona el tiempo local con el tiempo universal mediante la sustracción de 12 horas. De las resoluciones tomadas por la Comisión, conformada por el Gral. Cárlos Ibañez como presidente, que se modificaron para la Séptima Conferencia General de la Asociación Geodésica Internacional, conformada por representantes de la Gran Bretaña; se nombraron, un delegado del *Coasts and Geodetic Survey* de Estados Unidos de Norteamérica, y varios directores de las principales efemérides. Hacemos un resumen: en los primeros dos puntos se dan los pormenores de la resolución; en el tercero la conferencia propone elegir el instrumento meridiano del Observatorio de Greenwich, como meridiano inicial; en el cuarto hacen notar la conveniencia de medir hacia una misma dirección: proponen de Oeste a Este. En el quinto punto, se propone que el punto de partida sea el medio día medio de Greenwich que es el mismo que la media noche. Finalmente, la propuesta incluye que la contabilización de las horas fueran de 0 a 24.

Conferencia Internacional Meridiana de Washington
(Octubre de 1884)

La Séptima Conferencia Geodésica Internacional puso a la mesa todo lo necesario para que en la Conferencia Internacional Meridiana en Washington se tomara la decisión definitiva. A ésta, asistieron dos representantes de México: Leandro Fernández y Ángel Anguiano. Se realizó desde el primero de octubre hasta el primero de noviembre y asistieron Alemania, Austria-Hungría, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, España, EUA, Francia, Gran Bretaña, Guatemala, Hawaii, Italia, Japón, Liberia, México, Países Bajos, Paraguay, Rusia, Santo Domingo, San Salvador, Suecia, Suiza, Venezuela.

¹⁸⁴ ídem, p. 176.

Advierte Ángel Anguiano en el informe presentado a la Secretaría de Fomento, el 24 de noviembre de 1884:

Los intereses de México, por otra parte, en nada se perjudican con dar la preferencia al meridiano de Greenwich, y al hacerlo así, más bien cooperaba á impedir mayores perjuicios en los intereses de las naciones representadas, y á alcanzar la uniformidad tan deseada en las referencias meridianas de los almanaques náuticos.¹⁸⁵

Los dos temas fundamentales, ya expresados en el párrafo anterior, son el lugar donde debería establecerse el meridiano inicial único, propuesto para la cuarta sesión; y el momento en que debía iniciar a contar el día civil, propuesto en la sesión quinta.

Algunos datos por los que los delegados votaron a favor de establecer el meridiano en Greenwich. Existían ya 11 meridianos diversos usados como iniciales, esto es: como referencia para todo el mundo; estos son: Greenwich, París, Cadiz, Nápoles, Cristiana, Ferro, Pulkova, Estocolmo, Lisboa, Conpenhague, Río de Janeiro, entre otros menos usados. No deja de parecer extraordinario que sólo Greenwich represente el 72% del comercio marítimo del mundo, y el restante 28% se encuentra repartido entre los restantes meridianos¹⁸⁶.

De la venta anual de Almanacos Náuticos desde 1877 a 1883 una quinta parte era comprada por países como Austria, Francia, Alemania, Italia, Rusa, Turquía y Estados Unidos de Norteamérica. Ante tales cifras, 21 delegados votaron a favor (entre los cuales se encontraba México), uno en contra (Santo Domingo) y dos abstenciones (Brasil y Francia). Una vez aprobada la propuesta, se puso a discusión el hecho de que debía cambiar la hora y fecha del día, media noche; lo cual también fue aprobado. Al respecto, escribe Anguiano en su informe:

La conveniencia de la cuarta proposición es a todas luces manifiesta, sobre todo en la parte que se refiere á que el dia cosmopolita (universal) en nada se opondrá al uso del tiempo local, el cual seguirá siendo en cada país o que hasta aquí ha sido, la norma indispensable y necesaria para todos los

¹⁸⁵ Anguiano, Ángel *Informe que presentan á la Secretaria de Fomento los delegados mexicanos á la Conferencia Internacional Meridiana, que tuvo lugar en Washington el mes de Octubre de 1884*, en “Conferencia Internacional en Washington”, en *Anuario para el año de 1886*, p. 191.

¹⁸⁶ ídem, p.143.

usos de la vida civil de cada pueblo. Quedan, además, en libertad los gobiernos para arreglar el tiempo local de la manera que lo juzguen más conveniente, en vista del tráfico y movimiento en sus líneas férreas, y de la extensión territorial en longitud que abrace cada nación.¹⁸⁷

Precisamente en la sesión quinta, se pone de manifiesto, más claramente, lo referente al día universal y local. La resolución dice:

Este día universal será un día solar medio; comenzará para todo el mundo en el momento de la media noche méridiana del meridiano inicial, coincidiendo con el principio del día y fechas civiles de aquel meridiano, y se contará de cero á 24 horas.¹⁸⁸ [...] ella (la proposición) tiende á la uniformidad en la medida del tiempo, y ninguna razón de conveniencia práctica puede resultar de contar el día de otra manera.¹⁸⁹

Finalmente, escribe la postura de su representación en la Conferencia:

Los delegados mexicanos creemos haber cumplido fielmente con los deberes de nuestro encargo, y sólo falta para nuestra completa satisfacción, que el supremo Gobierno se sirva, si lo tiene á bien, ratificar nuestro voto.¹⁹⁰

4.4. El Observatorio Astronómico Central en Palacio Nacional

Un país que desde los primeros años de independencia había estado dominado por la violencia armada en prácticamente todo su territorio, no se había ocupado de crear instituciones afines a la Astronomía; razón por la cual, Francisco Jiménez y Ángel Anguiano habían subrayado de manera clara dos objetivos principales para el Observatorio Astronómico Central, que se presuponía temporal mientras se construía el Nacional en el Castillo de Chapultepec. Escriben:

El objetivo principal del Observatorio Central es el adelanto de nuestra naciente geografía: la formación de una carta exacta del país á cargo de la sección especial de Cartografía requiere como base indispensable la determinación de puntos astronómicos por comisiones especiales que, en combinación con el Observatorio Central, determinen sus longitudes,

¹⁸⁷ ídem, p. 192.

¹⁸⁸ ídem, p. 190.

¹⁸⁹ ídem, p. 193.

¹⁹⁰ ídem, p. 194.

aprovechando la extensa red telegráfica con que contamos actualmente, para procurarnos sobre el campo los datos que inútilmente se han buscado en el gabinete, componiendo y reformando las cartas antiguas formadas con datos vagos, y las pocas modernas que, generalmente hablando, no han sido sino la copia de las antiguas con una mala amplificación de planos que contienen datos topográficos exactos, pero faltándoles la ramificación conveniente de puntos astronómicos bien situados.¹⁹¹

Esto deja ver la preocupación manifiesta del secretario Riva Palacio, con respecto a la desintegración nacional, dentro de un vasto territorio intervenido por potencias extranjeras en varias ocasiones, y dentro del cual había un número incontable de terratenientes y caciques. En otras palabras, el nuevo régimen expresaba su idea prioritaria de integración.

Por otro lado, Francisco Jiménez y Ángel Anguiano escriben:

El Observatorio Central tiene otro objeto importante: dar lecciones prácticas de todas las observaciones astronómicas que deban emplearse en el campo, y formar el personal de calculadores y observadores que deban prestar sus servicios en el Observatorio Nacional de Chapultepec.¹⁹²

La necesidad de planeación a largo plazo es palpable cuando trata de formar personas para los posteriores desarrollos técnicos y científicos. El tema siguió en la agenda hasta mediados del siglo XX, con el nuevo impulso que recibió del Estado; ya que no se habían formado ni las cátedras mínimas dentro de las academias, ni las circunstancias habían sido las más propicias para fomentar los estudios¹⁹³. Podemos rastrear, no obstante, el eco de Francisco Díaz Covarrubias en estas palabras; nos referimos a la introducción que escribe para su libro *Nuevos Métodos* cuya idea central está precisamente en la aplicación de la astronomía para beneficio de la ya muy vulnerable sociedad mexicana. Leemos:

La aplicación de la ciencia astronómica á la Geografía solo puede hacerse bajo el patrocinio de los gobiernos, ó de las grandes empresas, que necesitando para establecer sus giros industriales, del conocimiento físico de

¹⁹¹ Anguiano, A. y Jiménez F. en *Memoria presentada al congreso...* (1877), p. 497. Ver referencias: Publicaciones de la Secretaría de Fomento.

¹⁹² ídem.

¹⁹³ Hay varios artículos de divulgación que Anguiano (1879a), (1879b), (1880a, b, c, d, e, f) y Jiménez (1863b y c), (1872a y b), (1880a y d) escribieron antes y después de la fundación de los observatorios. Y los hay de carácter histórico: Anguiano (1873a), (1878) y Jiménez (1878 a y b). Y otros de carácter académico: Anguiano (1887) y (1891); Díaz Covarrubias (1869), (1873a), (1896), y Jiménez (1880b).

una vasta extensión de terreno, se ven en la necesidad de explorarlo por medio de comisiones científicas. Las circunstancias particulares de la República han impedido hasta hoy la formación de compañías empresarias de cierta importancia, pues con muy pocas excepciones, las que se han formado no han tenido mas mira que la especular con el desórden, y en cuanto á los gobiernos, ocupados casi siempre en la mas estricta defensiva, no han podido emprender esos grandes trabajos geográficos que se han ejecutado y se ejecutan en todos los pueblos cultos, como la base mas segura para el conocimiento del país, y para el establecimiento de un buen sistema rentístico y administrativo. En vista de estos hechos, no hay que admirarse de que no obstante los adelantos de los mexicanos en las ciencias, solo cuente la República con tres astrónomos ó ingenieros geógrafos.¹⁹⁴

Sin embargo, los ingenieros comisionados estaban firmes en la posición que se les había asignado: “Así, el establecimiento del Observatorio Central no es solo de una utilidad notoria, sino de una necesidad absoluta.”¹⁹⁵

Descripción física.

El Observatorio Astronómico Central fue construido en la azotea del Palacio Nacional, sobre la parte correspondiente del Ministerio de Fomento.

En la planta baja hay tres compartimentos A, B, C; el A es el salón de cálculos y de recepción, tiene 6.5 metros de largo por 3 de ancho, con dos salidas para la azotea. Del salón A se pasa al compartimento B que tiene una figura cuadrada de 3 metros de lado, y tiene una pequeña escalera para subir a la plataforma. Después sigue el salón C del meridiano que tiene 3.60 metros por 5 metros, en el que están los instrumentos. En la parte alta se ven las ventanas que cubren una parte del techo de dos aguas, y que se abren cuando se observa con alguno de los instrumentos del salón del meridiano. Al otro lado está el techo, también de dos aguas, que cubre el salón de cálculos, y en el centro se ve la proyección de la cúpula que cubre la altazimut o instrumento universal que se puede dirigir a cualquier región del cielo.

La cúpula está construida de madera, tiene 3 metros de diámetro interior, y gira sobre esferas de madera más dura, ayudando el movimiento

¹⁹⁴ Díaz Covarrubias, F. (1867), p. V-VI.

¹⁹⁵ ídem.

con unas poleas de eje vertical que disminuyen mucho el rozamiento. Se mueve interiormente por medio de tres palancas.

La construcción le fue confiada al Jefe de la Sección 1ª. del Ministerio, Vicente Manero, quien la entregó el 29 de Septiembre. En la sala A de recepción se encontraba una lápida de mármol que decía:

AGOSTO 1º. DE 1877

**SIENDO PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
EL C. GENERAL DE DIVISIÓN PORFIRIO DIAZ**

Se instaló este Observatorio Astronómico Central

POR INICIATIVA DEL C. VICENTE RIVA PALACIO

MINISTRO DE FOMENTO

La descripción concluye con un dato curioso: “Siendo de advertir que la fecha de Agosto 1º. de 1877 la fijó el Ingeniero Constructor, por haberse hecho en este día en uno de los postes una observación de rectificación para la meridiana.”¹⁹⁶

Instrumentos

Dice Francisco Jiménez que en el salón C del meridiano se encuentran, el antejo de tránsitos, de donde deriva su nombre el salón, y un telescopio cenital. Inmediato al primero está un péndulo astronómico en conexión con un cronógrafo.

El *Antejo de Tránsitos* fue mandado a Veracruz hace algunos años para un Observatorio naval que se intentaba establecer, proyecto que nunca se

¹⁹⁶ ídem, p. 498.

materializó. El Gobernador de Veracruz, General Luis Mier y Terán, lo remitió al Ministerio para que fuera utilizado, y evitar al mismo tiempo el que se destruyera por completo oxidándose en aquel puerto; su distancia focal es de 1.6 metros, y la abertura del objetivo de 69 mm.

El *telescopio* es de afocamiento fijo con un pequeño movimiento que le permite alargarse ó acortarse la cantidad necesaria al foco, y tiene un tornillo con un piñón que hace variar la intensidad de la luz para variar los hilos á voluntad.

El *Péndulo Astronómico* tiene el mismo origen que el Anteojo de Tránsitos, pero está construido por Francisco Vázquez; el tiempo que había permanecido en Veracruz lo hizo oxidarse de tal modo, que hubo necesidad de que el mismo constructor lo limpiara.

El *Cronógrafo* se encargó en 1866 al marino americano Mathew Maury; sin embargo, el “actual Ministerio de Fomento los encontró en diciembre pasado en el depósito de la sección de Telégrafos, oxidados y casi inservibles. Estudió la clase de aparatos que eran y los mandó limpiar inmediatamente. Cuando hemos entrado al Ministerio nos ha encargado de vigilar su arreglo, y hoy están en perfecto estado de servicio, funcionando uno de ellos en conexión con el péndulo sideral en el Observatorio Central. Tiene cuerda para cuarenta minutos, y otra por medio de una batería de Daniell que se puede cargar cada dos semanas y trabajan con sulfato de cobre que tiene la ventaja de no generar vapores corrosivos.”¹⁹⁷

El *Telescopio Zenital* fue encargado a Inglaterra en 1852, para utilizarlo en la Comisión auxiliar al trazar los límites del Norte con los Estados-Unidos. En 1853 se usó por primera vez en el Paso del Norte, y posteriormente en muchos otros puntos de la línea divisoria hasta Matamoros y la desembocadura del Río Bravo del Norte en el Golfo de México:

volvió á la capital, donde sirvió para su determinación geográfica por la Comisión del Valle en 1857. Estuvo en servicio en el Observatorio temporal de Chapultepec en 1862, y en 1863 se encontró depositado en las bodegas del Ministerio de Fomento (...) En 1874 marchó el instrumento al Asia con la Comisión destinada á observar el paso de Venus por el disco del sol, y con él se observó el fenómeno en uno de los observatorios construidos con este objeto en Japón. (...) Hoy se encuentra el telescopio en el Observatorio

¹⁹⁷ ídem.

Central, donde se le ve con veneración que merece un instrumento que, después de haber sido transportado desde el lomo de mula hasta los ferrocarriles y vapores de mayor velocidad, ha dado la vuelta al mundo.¹⁹⁸

El *Altazimut* se encuentra en el compartimiento B y bajo la cúpula. El telescopio tiene 0m35 de distancia focal y 0m042 de abertura libre. Se compró en la fábrica en 1868. Se había prestado a la Escuela de Ingenieros para la práctica de sus alumnos, y se devolvió cuando se concluyó el Observatorio.

Otros instrumentos auxiliares son, g) Gonio'stathmometro, h) barómetro de sifón, i) telescopio de "Buron a Paris" (Salón A), j) tres cronómetros marinos, k) círculo repetidor de Ertel de 0m21 de diámetro (Salón A), l) telescopio acodado de 0m33 de distancia focal (Salón A), m) Metro patrón, n) Comparador con dos micrómetros y microscopios.

Resumen de actividades

Las actividades del Observatorio Astronómico Central, si nos atenemos a los registros de la Secretaria de Fomento, nos indican que empezaron desde marzo de 1877 (antes de la misma inauguración, en septiembre de ese mismo año), hasta junio de 1880. Hemos enumerado veinte actividades, de las cuales hemos dado ya lo que se registró de algunas, que nos parecen significativas para dar una panorámica de la emergencia de este observatorio.

Los trabajos geográficos los damos a conocer en los apartados siguientes. En cuanto a la astronomía posicional se encuentran: a) Una tabla de arcos semidiurnos; b) Paso de Mercurio; c) Una carta celeste; d) Un eclipse; e) Cálculo relativo a los valores de coeficientes; f) Curva meridiana de tiempo medio. En cuanto a la óptica geométrica se tienen dos artículos: a) "El telescopio y su poder amplificador"; y b) "Refracción Terrestre".

El personal del Observatorio Central contaba con las siguientes personas: a) Francisco Jiménez, como Director; b) Felipe Valle, como calculador; c) Antonio Palafox, como Oficial de Inspección (encargado de

¹⁹⁸ ídem, p. 501.

contar el tiempo); d) Félix Anguiano, como Escribiente (encargado de conservar y llevar el registro de los instrumentos científicos que entran y salen constantemente para los Caminos y las Comisiones exploradoras); e) Faustino Navarro, como Auxiliar de la Inspección (encargado del dibujo).

4.5. La medición de las longitudes entre observatorios fijos

Medición de la longitud en 1880, Observatorio Astronómico Central-Chapultepec.

Francisco Jiménez, director del Observatorio Central de Palacio Nacional, y Ángel Anguiano, director del Observatorio Astronómico Nacional en Chapultepec, emprendieron una serie de observaciones telegráficas y telefónicas para determinar la longitud entre ambos lugares, por medio de la diferencia de meridianos. Pero al no encontrar medidas precisas en el momento de presentar la memoria decidieron que podían llegar al resultado deseado, con la ayuda de las dimensiones de triángulos comprobantes para medir distancias. Agustín Díaz le había proporcionado los datos a Ángel Anguiano para tal efecto. La distancia medida entre la torre Este de la Catedral y el torreón principal de Chapultepec, era en promedio 5,319.90 metros. La diferencia entre los meridianos fue de 12 segundos de arco. La longitud que había calculado Francisco Díaz Covarrubias a la catedral y la calculada por el Observatorio Central era de 6h 36m 26s6; de tal manera, que el Observatorio de Chapultepec se encuentra a 6h 36m 38s6, al Este de Greenwich.

Uno de los accidentes que había detenido la medición y el cálculo de la longitud de Chapultepec fue que el cronógrafo estuvo descompuesto por casi un año. Al estar listo, el 10 de noviembre de 1879, se hizo la primera observación de los pasos meridianos de tres estrellas: ν Capricornii, 79 Draconis y α Aquarii. Para tal efecto, Anguiano lo describe así:

La primera idea que tuve fue conservar en cada observatorio los circuitos locales de los péndulos y formar el circuito de enlace, que llamaré general, con los electro-imanés de los manipuladores. Pero siendo pequeña la diferencia de meridianos entre los observatorios, pues no había pasar de doce segundos, tropecé con el inconveniente de que sólo podían observarse las mismas estrellas en sus pasos meridianos por un solo hilo, el central de la retícula, habiendo necesidad de mantener cerrado el manipulador en Chapultepec mientras se hacía la observación en México, y viceversa, si bien esto no exigía más que alguna atención. Creí, por lo mismo, más

conveniente comenzar por ensayar otro método, que consistió en establecer el circuito general con los electro-imanés de los péndulos, pero conectando solamente un solo péndulo, que fue el de este observatorio. De esta manera, los segundos del mismo péndulo se registraban en las dos estaciones, y los circuitos de los manipuladores quedaban enteramente locales é independientes, pudiendo por lo mismo, observarse las mismas estrellas por todos los hilos de la retícula.¹⁹⁹

El profesor de Astronomía, Leandro Fernandez, sugirió el primer método para evitar el error de armadura, que corresponde al tiempo transcurrido entre el momento en que cierra el circuito y aquel en que el estilete marca el punto; sin embargo, propusieron usar los dos comprobando de antemano que el error de ambos es prácticamente nulo.

Después de las observaciones efectuadas, desde el 13 de diciembre de 1879, hasta el 10 de enero de 1880; y de los cálculos adecuados, se llegó a lo siguiente:

la diferencia de los meridianos entre los dos observatorios es de 11"64; y adoptando para el Observatorio Central la longitud que, según he manifestado en otro lugar, se deduce que la del Sr. Diaz Covarrubias fija á la Catedral de México, resulta para la del Observatorio Astronómico Nacional de Chapultepec 6h 36m 38s24 al Oeste de Greenwich.²⁰⁰

Medición de la longitud en 1882, Chapultepec-Loreto.

Son particularmente importantes, los sucesos que vieron su primicia en la institución que estamos estudiando. Aunque a veces no se manifieste podemos inferir, a través de los propios documentos, cierta novedad, o simplemente, cierta actividad extraordinaria que deje un resultado satisfactorio para el observatorio.

Al referirse a los trabajos sobre los meridianos realizados por la Comisión francesa y el observatorio, Anguiano dice que es,

¹⁹⁹ Ver *Anales del Ministerio... Tomo III*, (1877), p. 504

²⁰⁰ ídem, p. 510.

el primer trabajo de este género á gran distancia, que se ha hecho en el país, bajo el sistema que hemos empleado nosotros.²⁰¹

Se refiere, explícitamente, a la medición de referencias de meridianos entre la Comisión Francesa, ubicada en el Cerro de Loreto (cerca de la ciudad de Puebla), y dirigida por Bouquet de Grye; y el Observatorio Astronómico Nacional establecido en Chapultepec y dirigido por Anguiano.

Los métodos empleados fueron los de, a) culminaciones lunares, b) eclipses de los satélites de Júpiter y c) por medio del telégrafo. Por ser los más importantes estos últimos, los veremos detenidamente. Los instrumentos que sirvieron para tal fin son, al Altazimut, el péndulo sideral y el cronógrafo; que junto con el de la Comisión francesa, era necesario unir mediante un alambre telegráfico. Bouquet de Grye escogió las estrellas, pero ambos astrónomos convinieron los métodos a desarrollar:

- 1) Cambios de señales. Se enviaron series de 21 golpes, de dos en dos segundos, primero uno y luego el otro, de tal suerte que fuera posible el registro de cada cual, en las respectivas estaciones.
- 2) Convención. Una vez escogidas las estrellas, bajo los criterios de una declinación adecuada y una ascensión recta entre dos consecutivas a seis minutos, se observaron primero en Loreto y luego en Chapultepec.

La primera medición se llevó a cabo el día 27 de noviembre, con solo 4 estrellas, δ Ceti, ϵ Arietis, δ Arietis y 51 Cephei, observadas en ambas estaciones. La segunda fue el día 29 de Noviembre, en la que fueron observadas 14 estrellas en ambos observatorios; las mediciones fueron efectuadas por Felipe Valle en Chapultepec. En la tercera, el 1º de diciembre, Ángel Anguiano y Bouquet de Grye observaron satisfactoriamente 23 estrellas.

Sabemos que el día 6 de diciembre se llevó a cabo el Paso de Venus por el disco solar, razón por la cual se realizaron tantas mediciones de los meridianos entre ambos observatorios²⁰², ya que debía estar muy clara la posición para predecir los pasos por el disco solar.

²⁰¹ Anguiano, A. *Informe que presenta el que suscribe á la Secretaría de Fomento sobre las observaciones hechas en la República, con motivo del paso de Venus por el disco solar*, en "Paso de Venus de 1882", en Anuario para el año de 1884, p. 81

²⁰² Ver capítulo 3.

En la cuarta medición, después de 3 días del fenómeno astronómico, Felipe Valle y Bouquet de Grye midieron los pasos meridianos de 15 estrellas. Los días 12 y 13 de diciembre, Ángel Anguiano fue a Loreto y Bouquet de Grye a Chapultepec para "destruir el error personal", logrando efectuar las mediciones pertinentes con 19 estrellas la primera noche, y 17 en la segunda. Finalmente, el día 14 Quintana fue al campamento francés y Felipe Valle observó en Chapultepec 189 estrellas²⁰³. Dice Anguiano:

Por la reseña dada hasta aquí de nuestros trabajos de longitud, se vé que la diferencia de meridianos entre el Observatorio de Chapultepec y el de Loreto, cuenta con un número de datos suficientes para poder obtener aquella con un grado de exactitud que supera á cuanto se había hecho en nuestro pais en iguales estudios.²⁰⁴

El 14 de septiembre de 1882, Anguiano hizo circular un mensaje entre las distintas personas que, a largo y ancho de la república, estaban en posibilidades de observar el Paso de Venus, para "uniformar los trabajos y métodos de observación"²⁰⁵, que tuvo eco suficiente para lograr dicho objetivo.

Medición de longitud en 1885, Tacubaya-San. Louis Missouri

El informe que se presenta en el anuario, es un resumen presentado por Anguiano a la Secretaría de Fomento, que relata la medición de la longitud del Observatorio Astronómico Nacional, obtenida por señales telegráficas cambiadas directamente entre San Louis Missouri, E.U.A., y Tacubaya, México. Consta de 13 secciones y está centrada en el aspecto técnico de dicha medición. Está fechado en Tacubaya, en septiembre de 1886, por Ángel Anguiano; y luego escribe:

En noviembre de 1884, á mi regreso de Washington, adonde mi ilustrado amigo el Sr. Ingeniero D. Leandro Fernandez y yo habiamos ido en representación del Gobierno Mexicano á tomar asiento en la Conferencia Internacional Meridiana, me encontré con una carta del sabio astrónomo Sr. H. S. Pritchett, Director del Observatorio de la Universidad de Washington en St. Louis Missouri, en cuya carta me hacía una formal invitación á que

²⁰³ ídem, p. 85.

²⁰⁴ ídem, p. 85.

²⁰⁵ ídem, p. 87.

cambiásemos señales telegráficas entre aquel observatorio y el nuestro en Tacubaya. La idea de emprender un trabajo de longitud por medio de señales eléctricas y en conexión con un Observatorio cuya posición estuviese definitivamente determinada, había venido preocupándome desde mucho tiempo atrás, y cuando estuve en posesión de nuestro gran círculo meridiano de ocho pulgadas inglesas ó sea 0m203 de abertura, mis esfuerzos tendían, como tienden todavía, á montar el magnífico instrumento y emplearlo en un trabajo cuya importancia para el Observatorio era palmaria. Así es que mi primera respuesta á la invitación del Sr. Pritchett, fue manifestarle aquella mi idea y suplicarle difiriésemos nuestro estudio para un poco más tarde, sin atender en ese momento más que á la esperanza, que nunca me ha faltado, de ver montados, aunque fuese provisionalmente, como lo he venido consiguiendo, nuestros grandiosos aparatos. Mas pronto reflexioné que no debía perder esa oportunidad que se me presentaba, y aceptando en esto á la vez el parecer del Sr. Valle para emprender ese estudio, aunque fuese con nuestro altazimut, y más cuando este instrumento de excelente construcción y de precisión bastante para una buena determinación de los errores cronométricos, me era muy conocido, me resolví a retirar mi respuesta anterior y á aceptar desde luego la noble y espontánea invitación del Sr. Pritchett.²⁰⁶

Convinieron en empezar el verano próximo. Mientras tanto Pritchett debía conseguir una línea telefónica que uniera El Paso con San Louis Missouri; y por su parte, Anguiano, debía conseguir un permiso de la Empresa del Ferrocarril Central, para que prestasen una línea telegráfica que uniera a México con Paso del Norte. Aquí Anguiano hace un agradecimiento a H. M. Hoxie de Ferrocarril Pacífico; C. W. Hammond; además de D. B. Robinson y C. T. West, de Ferrocarril Central Mexicano. Agrega, posteriormente:

Tuvimos, en verdad, serias y grandes dificultades que vencer en el curso de nuestros estudios, pero todas ellas enteramente ajenas á la voluntad de las personas que de alguna manera tomaron parte de los cambios. Se trataba de una extensión longitudinal de algo más de 4,000 kilómetros, como 1,000 leguas próximamente que mide el alambre conductor á través debía pasar la corriente eléctrica, por un circuito que cerraban contactos instantáneos producidos por las oscilaciones de nuestros guardatiempos; se trataba de dos lugares en que sucedía con frecuencia que al buen tiempo del uno servía de ineludible obstáculo el mal tiempo del otro, y de una extensión tan vasta que sucedía muchas veces que después de haber aprovechado la magnificiencia de varias noches en las observaciones de tiempo en ambos observatorios, alguna tempestad intermedia ú otro accidente inesperado nos

²⁰⁶ ídem, p 115.

impedía hacer cambiar. Hay que agregar que el año de 84 fue uno de los años excepcionalmente malos para el observatorio, por el gran número de noches en que á ninguna hora fue posible ver una estrella. Todo esto y algunas otras circunstancias desfavorables que nunca faltan en esta clase de trabajos, explican por qué en el mes de Mayo apenas pudimos lograr una sola noche y no con plena satisfacción, otra en Junio, otra en Noviembre, y dos en Diciembre.²⁰⁷

Tanto la estación de lluvias, como algunos otros inconvenientes para la observación, habían logrado cinco noches de cambio de señales, de las siete que planeado inicialmente; sin embargo, el estudio es muy satisfactorio como lo señala Anguiano. Continúa:

Con el fin de determinar nuestra ecuación personal relativa, el Sr. Pritchett me anunció que vendría á mi Observatorio, y más cuando deseaba conocer México. Así lo hizo en efecto, y el dia 10 de agosto del mismo año de 1885 tuvimos el gusto y la honra de recibir en el Observatorio á tan ilustre huésped, lo mismo que al Sr. Edmund A. Engler. El tiempo, sin embargo, siguió siendo aun más contrario á las observaciones, pues en las once noches que el Sr. Pritchett pernoctó en Tacubaya, no pudimos lograr más que una sola noche, pero muy satisfactoria, siendo por tanto los resultados obtenidos en ella, bastante seguros de fijar nuestra ecuación personal relativa. (...) lo importante es saber que la iniciativa de este estudio pertenece exclusivamente al Sr. Pritchett.²⁰⁸

Los resultados finales de las observaciones y cálculos son:

Tacubaya al Oeste de St. Louis Missouri	0h 35m 57.41 s
St. Louis Missouri al Oeste de Greenwich	6h 00m 49.15 s
Tacubaya al Oeste de Greenwich	6h 36m 46.56 s
Corrección de referencia al punto definitivo que debe ocupar el círculo meridiano	- 0.03 s
Longitud definitiva de Tacubaya al Oeste de G.	6h 36m 46.53 s

²⁰⁷ ídem.

²⁰⁸ ídem, p. 117.

4.6. Las primeras observaciones

Hablar de la Geografía en el siglo XIX mexicano implica abordar desde varias perspectivas, teniendo cuidado de no inclinarse por alguna que pudiera distraer la atención al tema que nos ocupa. Una de ellos, la política, hecha manifiesta por la preocupación del secretario Riva Palacio en el sentido de dar un sesgo de integración territorial al país que había sufrido varias intervenciones extranjeras y una gran fragmentación. Por otro lado, en la cuestión de la tecnología, el problema social está lúcidamente planteado por Francisco Jiménez al centrarlo dentro de la Geografía y tratar de resolverlo desde la Astronomía. Nos referimos a la medición y cálculo de la longitud de un punto en la Tierra, usando los instrumentos adecuados en un observatorio fijo. Para el año de funcionamiento del Observatorio Central (1877), aún no se tenía convenido un meridiano de referencia a escala mundial, desde el que se pudiera medir otros, aunque la mayoría de los países usaba el de Greenwich. Se daría, no obstante, cuando Ángel Anguiano asumiera la responsabilidad del Observatorio Astronómico Nacional, en el tránsito de Chapultepec a Tacubaya, hacia 1884. En el caso regional, México ya contaba con varias referencias la más célebre de las cuales, fue medida y calculada por Francisco Díaz Covarrubias en 1859; y tomándose como referencia primera la torre Este de Catedral, fijada por la Comisión del Valle en 1857. La fecha que aparece en la lápida de mármol, 1 de agosto de 1877, es el día en que se hizo la observación. Es entonces, la fecha mítica de inauguración del Observatorio Central; pero también, es su punto de referencia. Dicen Anguiano y Jiménez:

El centro del poste que cubre la bóveda del Observatorio está situado refiriendo la posición geográfica de la Torre Este de Catedral (fijada con entera exactitud por la Comisión del Valle en 1857) á dicho punto, y su altitud se fijó refiriéndola á la del Observatorio Meteorológico, determinada por observaciones simultáneas con Veracruz; así las coordenadas de este punto son²⁰⁹:

Latitud:	19° 26' 01"3 N
Longitud al Oeste de Greenwich :	6h 36m 26s 67
En arco:	99° 06' 40"1
Altitud:	2285.4 metros ²¹⁰ .

²⁰⁹ Ver *Memoria presentada al congreso...* (1877), p. 498-499.

²¹⁰ Este dato, nos señala el Dr. Jesús Galindo, no coincide con el monumento que se encuentra en la catedral, que es de 2,240 metros.

Anguiano nos deja una postal del paisaje mexicano del siglo XIX, muy a la manera de los cuadros de otro gran científico: Velasco:

Del poste de la cúpula se domina todo el Valle; la cadena de montañas que lo circunda nos da el punto más elevado (serranía del Ajusco), una altura de 3° 18' sobre el horizonte, y en los más bajos, al N. E. y N. O. otra de 0° 4'.²¹¹

Determinación geográfica de la Ciudad de Toluca

Notamos que la fecha del inciso anterior precede a la de las observaciones con telescopio fijo. De tal manera que, Jiménez aclara:

Cuando se determinó la diferencia de meridianos entre Toluca y México, el Observatorio Central estaba en obra y los instrumentos que hoy tiene no estaban montados; se hizo uso para estas observaciones de un pequeño antejo de tránsitos cubierto de una barraca de madera, perteneciente al Ministerio, de 72 centímetros de distancia focal, 53 milímetros de abertura y con un poder amplificador de 23 diámetros; su nivel montante, al que tuvo que ponerse una escala que no tenía, indicaba para cada posición 8" con un radio de curvatura de 52 metros, y el tiempo se llevaba con un cronómetro Vazquez, del Observatorio, número 694, y otro Blacki, número 774, que no le pertenece, y usó como comprobación.²¹²

Los días 31 de marzo y 1 de abril, aprovechando la expedición al Nevado de Toluca por Agustín Díaz, se intercambiaron señales telegráficas para la longitud entre el Observatorio Central y Toluca con mayor precisión que la anterior medición, hecha por Francisco Jiménez en 1870. El promedio de la longitud en los dos días de transmisión con señales de seis series es de 2m 11s 38, que, más los 0.16 segundos, que es la distancia, en tiempo, al Palacio de Gobierno desde el punto de observación, da como resultado 2m 1s 54. Ésta corresponde a su vez a 32' 53"1 de arco. Ahora bien, esquematizando los resultados queda,

Long. entre Palacio de Gob. en Toluca y el Obs. Central.....2m 11s 54
Long. absoluta del Obs. Central, Oeste de Greenwich.....6h 36m 26s 67

²¹¹ ídem.

²¹² ídem, p. 504.

Longitud de Toluca, Oeste de Greenwich.....6h 38m 38s 21

Longitud de arco.....99° 39' 33"2

En resumen, tomando en cuenta que también se hizo la medición y el cálculo de la latitud, además del promedio de ésta con la que en 1870 presentara Jiménez, los resultados quedan como sigue,

Latitud.....19° 17' 30"4 N.

Longitud Oeste de Greenwich.....6h 39m 38s 21

Longitud Oeste de México.....2m 11s 54

Longitud en arco.....32' 53"1

Determinación geográfica de Chalco

En el mes de marzo del mismo año, Cayetano Camiño se encontraba en el Observatorio Central, para intercambiar señales telegráficas con Anguiano que desempeñaba una comisión en Chalco. Fueron 140 señales en series de 10, los días 12 y 13 de este mes, en que se desarrolló la observación. Sin embargo, la breve distancia en longitud entre Chalco y México imposibilitaba la eficacia de los cronómetros. De tal suerte que por señales telegráficas se obtuvo 54s 66 de longitud; pero por triangulación, se obtuvo 54s94, que es la medida más precisa. Los resultados fueron los siguientes:

Latitud de la Hacienda de la Asunción.....19° 12m 42s 1 N.

Longitud Este del observatorio de México...0h 0m 56s 94.

Determinación geográfica de Apam

En septiembre, las instalaciones del Observatorio Central ya estaban funcionando de manera normal. Así que la determinación de la longitud y latitud en Apam, estado de Hidalgo, como en las subsecuentes visitas a otros puntos del territorio, se llevaron a cabo por Jiménez en el Observatorio Central y Anguiano, acompañando a Luis Salazar, en Apam. Las observaciones fueron hechas el 13 y 14 de noviembre, y dieron como resultado una diferencia de meridianos 2m 41s 37. Escriben los astrónomos:

Para obtener la posición de Apam, refiriéndola á la torre de la Parroquia, se formaron dos triángulos entre el punto astronómico y la torre, cuyo lado común se midió directamente. El cálculo dio los resultados siguientes²¹³,

Latitud.....19° 42' 47" 01
Longitud al Este del Observatorio de México.....2m 42s 45"00

Determinación geográfica de Querétaro y San Luis Potosí

Debe notarse que la dependencia que había sido generada por el Ministerio de Fomento, al centralizar casi toda la actividad científica en ella, tenía sus ventajas. La que nos interesa subrayar es la de aprovechar las comisiones que salían a los distintos lugares de provincia donde hubiese fenómenos climatológicos, geológicos y geográficos, dignos de ser “reconocidos” por el gobierno en turno, ya sea por Francisco Jiménez, o Anguiano, midiendo las posiciones geográficas que era prioritario en ese momento.

Esta vez la comisión estaba integrada por Mariano Bárcenas, director de Observatorio Meteorológico Central, y por Anguiano, todavía Inspector de Caminos. El primer punto fue Querétaro; donde Jiménez recibió los telegramas en la Ciudad de México, el día 22 de noviembre. La latitud corregida a la torre este de Catedral resultó ser, 20° 35' 41"56. La diferencia entre el promedio de cada uno de los promedios de los meridianos observados en Querétaro y México, fue de 5m 1s 70.

Para la determinación geográfica de San Luis Potosí, trabajaron la noche del 11 de diciembre. La latitud fue de 22° 9m 10s 3; y la longitud corregida fue de 7m 21s 77.

Conclusión de trabajos geográficos

Dicen los astrónomos:

Como conclusión final de estos trabajos, damos en seguida un resumen de las posiciones geográficas obtenidas, tanto para esos lugares, como para los anteriores de que se ha hecho mención en esta Memoria, relacionando

²¹³ ídem, p. 506.

todas las longitudes á la torre Este de la Catedral, punto de referencia adoptando en los trabajos de la Sección de Cartografía del Ministerio.²¹⁴

Dado que es un estudio documental, que presupone una descripción de los registros primeros, podemos estar seguros que la tabla mencionada en la conclusión es indispensable para el conocimiento de las determinaciones geográficas de esta instalación astronómica. Insertamos entonces, esta larga tabla con datos aparentemente intrascendentes, que sin embargo, llenará un hueco en el conocimiento de la historia de México, porque es a partir de éstos que se fue expandiendo la determinación geográfica con procedimientos astronómicos en un observatorio fijo.

Tabla 1. Posiciones geográficas²¹⁵

Lugar	Latitud Norte	Longitud	Longitud de arco
Toluca	19° 17' 30"4	2m 11s 16 O.	0° 32m 47s4 O.
Chalco	19 15 53.2	0 55 4 E.	0 13 45.6 E.
La Asunción	19 12 42.1	0 57 32 E.	0 14 19.6 E.
Apam	19 42 47.1	0 42 83 E.	0 40 42.5 E.
Querétaro	20 35 41.6	5 1 32 E.	1 15 19.8 E.
S. L. P.	22 9 10.3	7 21 34 O.	1 50 20.1 O.
San Felipe	21 29 1.1	8 18 52 O.	2 4 37.8 O.
La Cañada	21 58 29.4	4 39.62 O.	1 9 54.3 O.
El Cuatezón	21 56 1.5	4 11.62 O.	1 2 54.3 O.
San Francisco	21 59 43.1	8 4.52 O.	2 1 7.8 O.
Ciénega de Mata	21 44 31.0	10 45.86 O.	2 41 27.9 O.
Ojuelos	21 52 9.2	9 48.79 O.	2 27 11.8 O.
Matancillas	21 53 39.5	10 2.59 O.	2 30 38.8 O.
Juachi	21 41 44.9	9 57.46 O.	2 29 21.9 O.
Encinillas	21 58 15.8	10 23.90 O.	2 35 59.6 O.
Chinampas	21 49 58.3	10 43.05 O.	2 40 46.1 O.
Los Campos	22 1 41.0	10 49.41 O.	2 42 21.2 O.
La Troje	21 43 54.5	11 4.50 O.	2 4 7.5 O.
Ledesma	21 4 31.0	11 21.64 O.	2 50 24.6 O.
San Juan Sinagua	21 46 42.9	11 42.65 O.	2 55 39.8 O.

²¹⁴ ídem, p. 509.

²¹⁵ Tabla formada a partir de los datos de Anguiano y Jiménez, en *Memoria.... (1877)*.

La Punta	21	48	37.7	11	13.56	O.	2	48	23.4	O.
Palo Alto	21	55	8.6	11	18.68	O.	2	49	40.2	O.
Jaltomate	22	1	0.4	12	2.69	O.	3	0	40.4	O.
Santa María	22	2	55.2	11	53.63	O.	2	58	24.4	O.
Tule	22	5	4.7	11	48.75	O.	2	57	11.2	O.
Tecuan	21	40	56.0	11	34.29	O.	2	53	44.3	O.
El Puesto	21	37	32.7	11	19.65	O.	2	49	54.8	O.
San Cristóbal	21	40	55.1	11	13.73	O.	2	48	26.0	O.

4.7. La Sección Geográfico-Astronómica

Paralela a la fundación de los observatorios Central y Nacional, se creó la Comisión Geográfica; sin embargo, no era suficiente el presupuesto, ni el personal, ni los instrumentos. Hemos visto que por esta razón, los observatorios habían sido creados para apoyar a esta Comisión²¹⁶. La primera tabla de posiciones geográficas aparece en la primera edición del Anuario en 1881, pero las longitudes no están referidas al Observatorio Central en Palacio Nacional, sino al Nacional de Chapultepec²¹⁷.

La segunda tabla²¹⁸ es idéntica a la primera salvo por una columna que especifica a las “autoridades” que determinaron las medidas y cálculos. La utilidad de los anuarios se vuelve de vital importancia para la cartografía, al ser referencia obligada para el Ministerio de Fomento. Aclara Anguiano:

Sí me prometo perfeccionar cada año la tabla de las posiciones geográficas con los nuevos datos que se vayan adquiriendo y que merezcan mayor confianza; aunque esto creo útil y conveniente agregar una columna, como lo hago ahora, donde se explica la autoridad ó fuente de posición respectiva, indicacion que algunas personas me han hecho y que acepto con la mayor voluntad.²¹⁹

²¹⁶ Ver Anguiano (1872), (1875); Manero, V. (1953); Medina Peralta, M (1953); Piña, F. (1908).

²¹⁷ Ver Anguiano, A. *Posición geográfica de las poblaciones más importantes de la República, según datos más fidedignos*, en Anuario para el año de 1881, p. 224-229.

²¹⁸ ídem, en el Anuario para el año de 1882, p. 263-277.

²¹⁹ ídem, p. 265.

Además inserta otra tabla con mediciones y cálculos de su entera responsabilidad y referidas también a Chapultepec²²⁰.

Tanto en el anuario de 1883²²¹, como en el de 1884²²², aparecen las mismas tablas, una a continuación de la otra. En la última, Anguiano comenta:

No estando todavía determinada con la exactitud necesaria, la posición de nuestro nuevo Observatorio en Tacubaya, tienen que seguir apareciendo las posiciones geográficas, referidas al antiguo Observatorio de Chapultepec.²²³

Es hasta 1889, que aparece explícita una nueva sección en los anuarios. Se trata de la Sección Geográfico-Astronómica. Anguiano comenta:

En el presente anuario, damos principio á una Sección con el nombre de Geográfico-astronómica, que tendrá por objeto dar á conocer todos los trabajos científicos que posee actualmente ó siga adquiriendo el Observatorio, ya sean hechos con su intervención ó sin ella, que se refieren á posiciones geográficas de nuestra República (...). De esta manera se llegará á tener en el Anuario del Observatorio, la historia científica, digamos así, de cada una de las determinaciones de los puntos cuyas posiciones geográficas, aparecerán, año por año al final de esta Sección.²²⁴

Sin embargo, la división de trabajo no se respeta del todo:

... no pueden ser de la incumbencia del Observatorio, sino de las Comisiones geográficas que el Gobierno ha nombrado y seguirá nombrando sin duda, para rectificar y corregir los muy pocos datos que tenemos, y recoger los demas que se necesitan para la formacion de nuestra Carta apenas en embrion. El Observatorio vendrá á ser, cuando tomen el debido ensanche los trabajos geográficos, el centro de las operaciones, digamos así, principalmente en los estudios de longitud.²²⁵

En efecto, la materialización del observatorio supuso que no sólo centraría sus funciones y operaciones con respecto a la geografía, sino que se

²²⁰ Anguiano, A. *Posición geográfica de las poblaciones más importantes, según el Ing. Ángel Anguiano*, en Anuario para el año de 1882, p. 335-337.

²²¹ ídem, en Anuario para el año de 1883, p. 286-299.

²²² ídem, en Anuario para el año de 1884, p. 296-312.

²²³ ídem, en Anuario para el año de 1884, p. 298.

²²⁴ Anguiano, A. *Sección Geográfico-Astronómica*, en Anuario para el año de 1889, p117-118.

²²⁵ Anguiano, A. *Posiciones geográficas*, en Anuario para el año de 1884, p. 296.

le atribuirían responsabilidades con las que no podría cargar. En principio, las comisiones geográficas diseminadas por todo el país eran las encargadas de medir directamente con los instrumentos; mientras que en el observatorio se haría la recopilación, y análisis de datos; esto es, el trabajo de escritorio.

*Hidrografía y geografía de Sotavento*²²⁶

Se trata de un extenso informe fechado el 1° de octubre de 1875, escrito por Ángel Anguiano; consta de tres partes: Astronomía, trazo del camino y estudio geológico. La justificación que manifiesta Anguiano desde el inicio de su inserción en el anuario, se debe a la necesidad de “recopilar todas las posiciones geográficas del país, que con datos científicos hayan sido publicadas, y cuya fuente merezca confianza.”²²⁷ En realidad, se trata de varios estudios realizados en diferentes fechas y que tenían como finalidad trabajos de ingeniería civil, como el trazo de carreteras, para lo cual es indispensable la determinación geográfica de los lugares involucrados en el proyecto. Los días 5 y 6 de noviembre de 1874, observaron y calcularon Anguiano y el director del camino de Morelia a las Barrancas, Cayetano Camiña. Los resultados fueron los siguientes:

Longitud de Morelia, al Oeste de Greenwich,	6h 45m 23.85s
Longitud de Morelia en arco,	101° 5' 77.75”
Longitud de Pátzcuaro al Oeste de México,	9m 33.34s
Longitud de Pátzcuaro al Oeste de Greenwich,	6h 46m 01.91s

*Posición geográfica del Puerto de Frontera*²²⁸

Con un pequeño altazimut, el Ing. Cayetano Camiña determinó la latitud y la longitud del Puerto de Frontera, utilizando el método de alturas iguales de dos estrellas, para determinar el estado de su cronómetro; para la latitud, utilizó el método de observaciones de la estrella polar reducidas por la serie de Littrow, y para la longitud, el de alturas iguales de la Luna con estrellas y el Sol y alturas absolutas de la misma. Sus resultados fueron:

²²⁶ Anguiano, A. *Hidrografía y geografía de Sotavento*, en Anuario para el año de 1900, p.211-280.

²²⁷ ídem, p. 211.

²²⁸ Camiña, Cayetano; *Posición geográfica del Puerto de Frontera*, en Anuario para el año de 1890, p. 220-221.

Latitud promedio	18° 31' 43.80"
Longitud promedio al Oeste de Greenwich,	6h 10m 20.95s
Longitud promedio al Este de Tacubaya,	26m 25.58s

*Posiciones geográficas de Chihuahua y Paso del Norte*²²⁹

El 29 de octubre de 1883, se ejecutaron las primeras mediciones para corregir las ejecutadas por José Salazar Ibarregui y W. H. Emory en la frontera Norte, en el año de 1844²³⁰; y posteriormente trabajaron los días 3, 7, 8 y 9 de noviembre. Se trataba de repetir las mediciones pero por distintos métodos: en 1883, año en que dieron inicio los trabajos de la Comisión Mexicana de Límites dirigida por Carlos F. Landeros, se pretendía realizar un cambio de señales telegráficas entre México y Paso del Norte, pero había problemas en la línea; de tal manera, que Felipe Valle, como “primer adjunto astrónomo de la Comisión”, y Rosendo V. Corona, como “ayudante astrónomo” fueron a la Ciudad de Chihuahua para establecer una estación intermedia y enviar señales simultáneas a Tacubaya, México y Paso del Norte. Escogieron la Casa de Moneda, donde estuvo preso Miguel Hidalgo, por lo que es llamada “Cárcel de Hidalgo”, a lo largo del informe de Felipe Valle.

Ya desde un día antes habían hecho algunas pruebas, que sirvieron, además, para revisar sus instrumentos; a saber, un cronómetro solar, un altazimut con tres oculares y uno acodado, un telescopio cenital con tres oculares, y un termómetro de mercurio.

Para la latitud, Felipe Valle empleó el método de distancias cenitales. Para longitud se enviaron series de diez señales, de diez en diez, segundos cada una, por cada una de las estaciones. En el Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya trabajaba Anguiano, en el Central de Palacio Nacional, Leandro Fernández; y en el Paso del Norte, Carlos F. Landero, con su ayudante, Agustín V. Pascal.

²²⁹ Valle, Felipe ; *Posiciones geográficas de Chihuahua y Paso del Norte*, en Anuario para el año de 1890, p. 117-194.

²³⁰ Aquí se vuelve muy evidente la relación entre el contenido del subcapítulo 4.1 y el presente.

Concluye Valle:

el objetivo primordial de mi expedición á Chihuahua, fue el de remitir señales para que se registrasen á la vez en Tacubaya, México y Paso del Norte, y determinar así la diferencia de longitudes con absoluta independencia, de los tiempos de Chihuahua; por desgracia, esto no fue posible conseguirlo, habiéndose logrado únicamente registrar en las estaciones extremas algunas señales de los días 3 y 10 de Noviembre.

Los registros son los siguientes:

Posición geográfica de Chihuahua (cárcel de Hidalgo):

Latitud Norte: 28° 38' 23.41"
Longitud al Oeste de México: 27m 46.30s
Longitud al Oeste de Tacubaya: 27m 31.30s
Longitud al Oeste de Greenwich: 7h 04m 17.80s

Paso del Norte:

Latitud Norte: 31° 44' 15.83"
Longitud al Oeste de México: 29m 24.90s
Longitud al Oeste de Tacubaya: 29m 09.90s
Longitud al Oeste de Greenwich: 7h 05m 56.40s

*Posición de Matamoros*²³¹

En respuesta a una invitación de Ángel Anguiano referente al tránsito de Venus que tuvo lugar en 1882²³², el Teniente Coronel Rodrigo Valdés, Jefe de la Comisión exploradora de los Estados de Tamaulipas y Nuevo León, tomaron medidas para ubicar el pequeño observatorio donde se llevarían acabo las observaciones del fenómeno; su localización tuvo como referencia la torre sur de la Parroquia que también lo fue de la Comisión de Límites con los Estados Unidos del Norte. Las coordenadas de esa experiencia son las siguientes:

Latitud Norte 25° 52' 55.86"
Longitud Este del Observatorio Central 0h 6m 29.73s

²³¹ Valdés, R.; y, Anguiano, A. *Posición de Matamoros*, en Anuario para el año de 1889, p. 145-176.

²³² Con fecha 27 de abril de 1884, en ídem, p. 146-152,

El informe se encuentra fechado el 27 de abril de 1884; sin embargo, en noviembre de 1883, se estableció la posición definitiva, realizada por Anguiano²³³,

Longitud de Matamoros al Este de Tacubaya 6m 44.72s
Longitud de Matamoros al Oeste de Greenwich 6h 30m 01.84s

*Longitud de Comitán*²³⁴

A iniciativa del Jefe de la Comisión Mexicana de límites con Guatemala, Manuel E. Pastrana, se cambiaron señales telegráficas el día 10 de mayo de 1886, justo cuando se logró poner en comunicación directa a Comitán con los observatorios Nacional de Tacubaya y Central de México. El instalado en Comitán, según se señala en el registro, se llama Observatorio Yalwitz. Los resultados son los siguientes:

Longitud adoptada al Este de Tacubaya: 28m 17.92s

*Longitud de Irapuato y Celaya*²³⁵

Se trata de un informe de Adolfo Díaz, Jefe de la sección 1ª de la Secretaría de Fomento, fechado en agosto de 1887. Originalmente se le había encomendado las posiciones geográficas de Irapuato, Celaya y Silao; sin embargo, ésta última quedó pendiente. Las observaciones y cálculos se efectuaron los últimos días de diciembre y los días 8, 9 y 10 de enero de 1886. Los resultados son los siguientes:

Latitud de Celaya: 20° 31' 26"
Latitud de Irapuato: 20° 40' 29.64"

Longitud de Irapuato al Oeste de Tacubaya: 8m 36.99s
Longitud de Irapuato al Oeste de Greenwich: 6h 45m 23.55s

Longitud de Celaya al Oeste de Tacubaya: 6m 27.37s

²³³ ídem, p. 162-176.

²³⁴ Valle, F. *Longitud de Comitán*, en Anuario para el año de 1890, p. 255-259.

²³⁵ Díaz, Adolfo, *Informe*, en Anuario para el año de 1893, p. 167-215.

Longitud de Celaya al Oeste de Greenwich: 6h 36m 13.93s

Longitud de Celaya al Oeste de México: 6m 42.27s

*Longitud de Buenavista (Estado de Sonora) por señales telegráficas*²³⁶

Los días 3, 4, 12, 22 y 26 de noviembre y, 1 y 3 de diciembre de 1887, se ejecutaron cambios de señales telegráficas entre Apolonio Romo, como observador, y Francisco Rodríguez Rey, como calculador, en Tacubaya; mientras Joaquín Pardo, observó y calculó en Buenavista, Sonora, con un altazimut de 9 pulgadas y un cronómetro. Los resultados fueron los siguientes:

Longitud de Buenavista al Oeste de Tacubaya: 42m 42.98s

Longitud de Buenavista al Oeste de Greenwich: 7h 19m 29.54s

4.8. Conclusión

El periodo que nos concierne en este trabajo, está marcado por una fuerte influencia de los acontecimientos históricos que dieron origen tanto a la dictadura de Díaz, como a su intrínseca materialización de instituciones tecnológicas. En sus primeros 22 de años de existencia, el Observatorio Astronómico Nacional (en Chapultepec y Tacubaya) mantuvo una constante: la preocupación por medir de manera cada vez más precisa la *longitud geográfica*, dando prioridad a lugares que en momentos clave de la historia mexicana resultaron un problema político. El origen de dicho problema debemos situarlo en el origen mismo de lo que hemos llamado “el equívoco geográfico”, que se refiere al desconocimiento de las tierras americanas por parte de los europeos del siglo XVI, y a la imposibilidad tecnológica de ese mismo momento para llevar a cabo un levantamiento geográfico que les permitiera realizar plenamente el proceso de conquista, primero; y después, para los mexicanos, de defensa de la nueva nación mexicana.

²³⁶ Romo, A.; Rodríguez Rey, F.; y, Pardo, J. *Longitud de Buenavista (Estado de Sonora) por señales telegráficas*, en Anuario para el año de 1889, p. 117-145.

Hacemos hincapié en el equipo formado en el Observatorio Central de Palacio Nacional: Francisco Jiménez, Felipe Valle, Antonio Palafox, y Félix Anguiano. Indirectamente el director del Observatorio Nacional de Tacubaya, Ángel Anguiano, apoyaba al Central. Especificar si se trata de una comunidad científica, es una de las precisiones metodológicas que haremos en un trabajo futuro; ya que el presente, no agota todavía los pormenores de todo lo acontecido hasta 1942, cuando se inaugura el observatorio de Tonantzintla. Además, son pocos los trabajos que abordan esta problemática y que tratan de la Astronomía.²³⁷

Hemos recogido varios registros geográficos, cuyo sentido podemos redimensionar a la luz de la historia mexicana que trata de las intervenciones extranjeras. Tanto la norteamericana, motivada explícitamente a la expansión territorial; y la francesa, pensada para una segunda conquista de los recursos naturales, dan la clave de la emergencia súbita de los observatorios: en tanto no se establecieron las instituciones adecuadas a los intereses y necesidades propios de una nación, no hubo esfuerzos encaminados a una verdadera independencia material. En otras palabras, si bien el mismo proceso de desintegración territorial, aunado a las pugnas internas entre sectores de la población y de la élite gobernante sirvieron de detonante, las intervenciones resultaron ser la condición para que llegara una figura fuerte al poder²³⁸.

²³⁷ Al respecto ver un libro recién publicado que aborda con detalle esta problemática: Rodríguez-Sala (2002).

²³⁸ Anguiano escribe sus últimos trabajos en el siglo XX ver Anguiano (1904), (1913), y (1914).

CONCLUSIONES GENERALES

El recorrido que hemos hecho con los documentos que estuvieron a nuestro alcance, nos ha servido para tener una idea más precisa del desarrollo de la Astronomía en México; particularmente, de la institucionalización de esta disciplina. La creación de los espacios físicos que lo hicieron posible requirió de grandes presupuestos financieros que se vieron justificados por dos factores:

- a) La determinación de los liberales en el poder político por insertarse a las tradiciones científicas de occidente; esto es, la ideología que adoptaron como modelo de gobierno. Las citas de Riva Palacio que transcribimos en la introducción no están de más: representan una visión utópica muy refinada de la época que nos ocupamos y quedan como marco de acción cuando hablamos de los ideales que dirigían las actividades relacionadas con la fotografía en la Astronomía; se trata, en suma, de los hilos conductores de una sociedad que necesitaba trascender sus guerras internas e intervenciones extranjeras; éstas fueron motivos para que se generaran desde dentro y desde afuera, respectivamente. De esta misma manera, a nivel metodológico, hemos querido abordar esta dimensión ideológica empezando el capítulo 3 con los avances científicos y tecnológicos en Europa y Estados Unidos, a los que se tratarían de insertar los astrónomos mexicanos, hasta completar el proyecto de la *Carte du Ciel*.²³⁹
- b) Las necesidades del país. Fue prioritario para el gobierno de Díaz legitimarse y cohesionar las distintas facciones de cacicazgos a lo largo y ancho del territorio mexicano. Hablamos de la idea de integración territorial que subyace en la dimensión técnica, esto es: en el programa de actividades que mantuvo ocupado al equipo de trabajo de Ángel Anguiano. Un repaso rápido a los anuarios nos pudo dar esta información; sin embargo, hemos querido ofrecer con cierto detalle una sistematización de todos estos datos geográficos que están dispersos por todas las páginas de su producción editorial. A nivel metodológico, el

²³⁹ Sólo hemos indicado superficialmente la cuestión de la perspectiva teórica. No era nuestro objetivo plantear estos temas con profundidad; ver los avances que se han escrito al respecto: Lafuente y Ortega (1993); Saldaña, J. J. (1986) y (1992); Trubulse (1982), p. 9-24.

capítulo 4, intenta ofrecer una visión amplia centrando el origen de las necesidades, temporalmente, desde la llegada de los primeros europeos a tierras americanas; y, espacialmente, por las costas mexicanas; aunque sabemos que el problema no se limita a este territorio; sino a toda Latinoamérica. Sin embargo, es en este espacio y tiempo, señalado como hipótesis al principio del capítulo 4, donde se genera el problema geográfico que trata de resolver el equipo de Anguiano. Debe entenderse entonces, que no es el estudio de la Astronomía teórica el motivo determinante en la institucionalización de esta disciplina; sino, la Astronomía Práctica, o de posición.

Esto que hemos señalado como los factores determinantes para la creación del Observatorio Astronómico Nacional, son a todas luces líneas de investigación futuras que deberán abordarse con mayor detenimiento y desde una perspectiva adecuada. Sobre ésta, sólo diremos que la metodología de la que hablamos tampoco está resuelta como problema en sí mismo. Nosotros hemos señalado apenas los puntos de partida: el *ideológico*, cuya sentido apunta a proyectos que buscan el reconocimiento de los países occidentales; y el *estratégico*, que apunta hacia la resolución de problemas centrados en las necesidades sociales, económicas y políticas. Además el manejo que se hace de los términos *ciencia*, *técnica* y *tecnología* deberá ser matizado para una mayor comprensión del tema.

En este sentido, este trabajo aborda algunos documentos editados por la Secretaría de Fomento que nos ofrecen información para ampliar este estudio monográfico, como continuación de los estudios de Moreno Corral y Bartolucci; además sólo planteamos los problemas que deberán resolverse para una mayor comprensión y actualidad de las disciplinas aludidas, y de los temas políticos siempre candentes de las relaciones internacionales, especialmente con los Estados Unidos.

REFERENCIAS

Anguiano, Angel [1872], “Memoria sobre la determinación geográfica de Morelia, escrita por el ingeniero civil Ángel Anguiano, quien dedica al señor ingeniero geógrafo don Francisco Díaz Covarrubias”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 2ª época, vol. 4, p. 589.

—— [1873a], “Discurso en conmemoración del eminente astrónomo polaco Nicolás Copérnico...”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, vol. 1, p.

—— [1873b], “Estudio ipsométrico dedicado al señor geógrafo don Francisco Díaz Covarrubias, por el ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, vol. 1, p. 276.

—— [1875], “Diferencia de meridianos entre México y Morelia, determinada por medio del telégrafo”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, vol. 2, p. 362.

—— [1878], “La sesión en honor de P. Angel Secchi”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, vol. 4, p. 396-447.

—— [1879a], “El tiempo”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 1, tomo I, 1 de dic. de 1879, p. 11-12.

—— [1879b], “Guarda-tiempos. Ecuación de tiempo”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 2, tomo I, 1 de diciembre de 1879, p. 14-15.

—— [1880a], “Tiempo sideral”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 3, tomo I, 1 de febrero de 1880, p. 14-15.

—— [1880b], “Año trópico”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 4, tomo I, 1 de marzo de 1880, p. 13-14.

—— [1880c], “Coordenadas Astronómicas”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 5, tomo I, 1 de abril de 1880, p. 15-16.

—— [1880d], “Leyes de Kepler”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 6, tomo I, 1 de mayo de 1880, p. 14-15.

—— [1880e], “Arcos semidiurnos”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 7, tomo I, 1 de junio de 1880, 12-13.

—— [1880f], “Refracción”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 9, tomo I, 1 de agosto de 1880, p. 18-19.

—— [1882a], “Departamento Astronómico para la observación del paso de Venus”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 24, tomo I, 29 de noviembre de 1882, p. 9-13.

—— [1882b], “[Varios comunicados sobre el paso de venus por el disco del sol]”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 24, tomo I, 7 de diciembre de 1882, p. 13-15.

—— [1882], *Viaje a Europa: en comisión astronómica informe que el ingeniero Anguiano director del observatorio astronómico nacional mexicano presenta a la secretaria de Fomento*, [México]: Imp. de Francisco Díaz de León, 101pp.

—— [1887], *Tratado de cosmografía: adoptado como texto en la Escuela Nacional Preparatoria*, [México]: Imprenta de Francisco Díaz de León, viii+205pp.

—— [1894], *Estudio sobre la posición heliográfica de las manchas solares*, Secretaría de Fomento, 35pp.

—— [1891], *Elementos de cosmografía, o, primeras noticias de astronomía escritas por el Ing. Angel Anguiano*, México: Appleton y Cía. para Gallegos hermanos, 76pp.

—— [1904], *Anales de la Comisión Geodésica Mexicana*. Tomo I México: Of. Tip. De la Secretaria de Fomento.

—— [1913], “Cartografía Mexicana”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 5ª época, vol. 6, p. 539.

— [1914], “Cartografía Mexicana”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 5ª época, vol. 7, p. 29-47, 39-148, 168-192, 199-209.

Bartolucci, Jorge [2000], *La modernización de la Ciencia en México. El caso de los astrónomos*, UNAM, CESU, Plaza y Valdez: México.

Chinchilla, Perla [1985], “Introducción”, en Trabulse, Elias (ed.) [1985], *Historia de la Ciencia en México. Estudios y textos. Siglo XIX, Cuarta parte: La Ciencia mexicana del periodo nacional*. México: CONACYT y Fondo de Cultura Económica. p. 9-25.

Danjon, André; y Couder, A. [1983], *Lunettes et Télescopes. Théorie, Conditions d'emploi, description, réglage*, París: Blanchard.

Díaz Covarrubias, Francisco [1859], *Determinación de la posición geográfica de México*, Tip. De M. Castro, viii+64pp, 22 cm.

— [1860a], “Determinación de la posición geográfica de México”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 8, p. 157.

— [1863a], “Dictamen del señor socio don Francisco Díaz Covarrubias sobre el establecimiento del observatorio meteorológico”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 10, p.3.

— [1863b], “Tablas para construir la proyección de la carta general de México, por el ingeniero geógrafo Don Francisco Díaz Covarrubias”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 10, p. 113.

— [1863c], “Determinación de la posición geográfica de México”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 10, p.144

— [1863d], “Colección de tablas geodésicas sobre las latitudes de la República”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 10, p. 157

— [1867], *Nuevos Métodos Astronómicos para determinar la Hora, el Azimut, la Latitud y la Longitud geográficas, con entera independencia de medidas angulares absolutas*, México: Imprenta del Gobierno, en Palacio, a cargo de José M. Sandoval.

— [1869], *Exposición popular del objeto y utilidad de la observación del paso de Venus por el disco del sol*

— [1873a], “Dictamen de la Comisión de astronomía sobre la proposición del señor don J. Melgar, relativa a la publicación de un Nuevo calendario que esté más en armonía con los fenómenos celestes actuales”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, vol. 1, p. 138.

— [1873b], *Elementos de Análisis trascendente ó Calculo infinitesimal*, México: Castañeda y Rodríguez.

— [1876], *Viaje de la Comisión Astronómica Mexicana al Japón. Para observar el tránsito del planeta Venus por el disco del sol el 8 de Diciembre de 1874*, México: Imprenta polígota de C. Ramiro y Ponce de León.

— [1896], *Tratado elemental de topografía, geodesia y astronomía práctica*, 2 tomos, México: Of. Tip. de la Sec. de Fomento

González G., Francisco José [1992], *Astronomía y navegación en España. Siglos XVI-XVIII*, España: Mapfre.

Gortari, Eli de [1963], *La ciencia en la Historia de México*, 1ª. ed., México: Fondo de Cultura Económica.

Hale, Charles A. [1989], *The transformation of liberalism in late Nineteenth – Century México*, Nueva Jersey: Princeton University Press.

Hentschel, Klaus [1999a], “Photographic Mapping of the Solar Spectrum 1864-1900, Part I” en *Journal for the History of Astronomy*, vol. 30, p. 93-119.

Hentschel, Klaus [1999b], “Photographic Mapping of the Solar Spectrum 1864-1900, Part II” en *Journal for the History of Astronomy*, vol. 30, p. 201-224.

Institut de France. Académie des Sciences [1900], *Reunión de Comité Internacional Permanente para la ejecución de la carta Fotográfica de Ciel tenue a l'Observatoire de Paris en 1900*, París: Gauthier-Villars.

Janiczek, Paul M. [1983] “Remarks on the Transit of Venus Expedition of 1874”, en Dick, Steven J. y Doggett, LeRoy E. (eds.) [1983] “Sky with ocean joined”, *Proceedings of the Sesquicentennial symposia of the U. S. Naval Observatory December 5 and 8, 1980*; Washington, D. C.: U.S. Naval Observatory.

Jiménez, Francisco [1859a], “Resumen de las observaciones meteorológicas hechas en la ciudad de México en el año 1858”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 7, p. 491.

—— [1859b], “Extracto hecho sobre los trabajos físicos y meteorológicos del ----- Andrés Poey”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 8, p. 41.

—— [1860], “Dictamen de la comisión que nombró la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística para corregir algunos errores que se hallaron en la descripción geográfica del departamento de Chiapas, por don Emeterio Pineda, cuyo dictamen fue aprobado”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 8, p. 352.

—— [1862], “Posición de la longitud y latitud de varios lugares del imperio, recogidos y presentados a la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística por Francisco Jiménez”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 9, p. 287.

—— [1863a], “Instituciones para hacer observaciones meteorológicas”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 5, p. 6, + 1 cuadro.

—— [1863b], “Sistema Métrico decimal. Artículo tomado de la ‘Enciclopedia Moderna de Ciencias y Artes’: 1854, París”, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 10, p. 89.

—— [1863c], “Sistema Métrico Decimal”, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 10, p. 355.

—— [1863d], “Puerto de la Libertad. Dictamen del Señor, sobre un trabajo de del doctor Robinson”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 10, p. 459.

—— [1871], “Escala universal de latitudes y longitudes, hecha para la Carta General de la República que está construyendo la comisión especial nombrada para la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 2ª época, vol. 3, p.15 + 1 lám.

—— [1872], “Georama”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 2ª época, vol. 4, p. 284.

—— [1872], “El giróscopo”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 2ª época, vol. 4, p. 504, 1 lám.

—— [1878a], “La session en honor de Quetelet (25 de Julio de 1871), en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, vol. 4, p.170.

—— [1878b], “La session en honor de Secchi”, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, vol. 4, p. 396.

—— [1880a], “Determinación de la fecha en que se verifica la Pascua de Resurrección, como problema astronómico”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, vol. 5, p.272.

—— [1880b], “Determinación de la longitud del péndulo de segundos y de la gravedad en México a 2,283m. sobre el nivel del mar”, *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, vol. 5, p.22 + 1 lám.

—— [1880d], “Curva meridiana de tiempo medio trazada por observaciones directas en el Observatorio Astronómico Central en México, de septiembre de 1878 a septiembre de 1879”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 10, tomo I, 1 de septiembre de 1880, P. 16-17 + ilustr.

—— [1880e], “Memoria sobre la determinación astronómica de San Juan Teotihuacán, escrita por el ingeniero geógrafo Francisco Jiménez”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 1ª época, vol. 11, p. 155.

—— [1880f], “Pasos de Mercurio y Venus por el disco del sol, observados en México y California en 1769”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 2ª época, vol. 4, p. 94 + 1 lám.

Keenan, Philip C. [1991], “The earliest National Observatories in Latin American”, en *Journal for the History of Astronomy*, vol.22, p. 21-30.

Krisciunas, Kevin [1988], *Astronomical centres of the world*, Cambridge: Cambridge University Press.

Lankford, John [1984] “The impact of photography on astronomy” en Gingerich, Owen (ed.) [1984], *Astrophysics and twentieth-century astronomy to 1950: Part A, The General History of Astronomy, V. 4*, Cambridge: Cambridge University Press, p. 16-39.

Lafuente, A., Elena, A., Ortega, M. L. (eds.) [1993], “Mundialización de la Ciencia y cultura nacional”, *Actas del Congreso Internacional “Ciencia, descubrimiento y mundo colonial”*, 1ª ed., Madrid: Ediciones Doce Calles.

Lamb, Ursula [1995], *Cosmographers and Pilots of the Spanish Maritime Empire*, Hampshire, Gran Bretaña: Variorum.

León, Luis [1911], *Los progresos de la astronomía en México desde 1810 hasta 1910*, México: Tip. De la Vda. De F. Díaz de León, Suc.

Maldonado-Koerdell, Manuel [1963], “La Commission Scientifique du Mexique, 1864-1869” en, Beltrán, Enrique (ed.) [1964], *Memorias del Primer Coloquio Mexicano de Historia de la Ciencia*, 1ª ed., México: Sociedad Mexicana de Historia Natural, p. 239-248.

Manero, Vicente E [1873], “Apuntes históricos sobre astronomía y Astrónomos, reunidos, traducidos muchos, y puestos en orden cronológico, expresamente para darlos a la SMGE, por su socio honorario Vicente E. Manero”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 3ª época, vol. I, p. 521.

Mayer Celis, Leticia . [1999], *Entre el infierno de una realidad y el cielo de un imaginario. Estadística y comunidad científica en el México de la primera mitad del siglo XIX*, México: Colegio de México.

Meadows, A. J. [1975], *Greenwich Observatory. One of the three volumes by different authors telling the Story of Britain's oldest scientific institution. THE ROYAL OBSERVATORY AT GREENWICH AND HERSTMONCEUX 1675-1975. Volume 2: Recent History (1836-1975)*, Londres: Taylor and Francis.

Medina Peralta, Manuel [1953], “Trabajos geodésicos en México y su coordinación con los del continente americano”, en *Memoria del Congreso Científico Mexicano, México, D. F., del 24 al 30 de septiembre de 1951*, tomo IV, p. 113-137.

Moreno, Roberto [1997], *Joaquín Velásquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México*, 1ª. ed, México: UNAM.

Moreno, Roberto [1986], *Ensayos de Historia de la Ciencia y la Tecnología en México*, Primera serie, 1ª ed., México: UNAM.

Moreno Corral, M. A. (comp.) [1995], *Historia de la Astronomía en México*, Col. La ciencia desde México, 2ª ed., México: Fondo de Cultura Económica.

Moreno Corral, M. A. [1986a], “Algunos sucesos que dieron origen a la fundación definitiva del Observatorio Astronómico Nacional de México en 1878”, en *Quipu*, vol. 3, núm. 3, p. 299-309.

Moreno Corral, M. A. [1986b], *Odisea 1874, o el primer viaje internacional de científicos mexicanos*, México: FCE.

Norberg, Arthur L. “Simon Newcomb's role in the Astronomical Revolution of the Early nineteen hundreds”, en Dick, Steven J. y Doggett, LeRoy E. (eds.) [1983] “Sky with ocean joined”, *Proceedings of the Sesquicentennial symposia of the U. S. Naval Observatory December 5 and 8, 1980*; Washington, D. C.: U.S. Naval Observatory, p. 75-88.

Orozco y Berra, Manuel [1881], *Apuntes para la historia de la geografía en México*, México: Imprenta de F. Díaz de León. Facsímil: México: Biblioteca Mexicana de la Fundación Miguel Alemán, 1993.

Piña, Francisco de P. [1908], “La comisión Geográfico-Exploradora y la influencia de sus trabajos en la geografía de su país”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, 5ª época, vol. 3, p. 281.

Piña G, E.; y, Dagdug L., L (s/f), *Francisco Díaz Covarrubias, un astrónomo juarista*, (s/ref.).

Rodríguez Rey, Francisco [1881], “Fenómenos celestes”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 19, tomo I, p. 11-15.

Rodríguez Rey, Francisco [1882], “El paso de Mercurio”, en *Revista Científica Mexicana*, no. 23, tomo I, p. 11-12.

Rodríguez-Sala, M. Luisa [2002], *Letrados y técnicos de los siglos XVI y XVII. Escenarios y personajes en la construcción de la actividad científica y técnica novohispana*, México: UNAM.

Rothenberg, Marc “Observers and theoreticians: Astronomy at the Naval Observatory, 1845-1861”, en Dick, Steven J. y Doggett, LeRoy E. (eds.) [1983] “Sky with ocean joined”, *Proceedings of the Sesquicentennial symposia of the U. S. Naval Observatory December 5 and 8, 1980*; Washington, D. C.: U.S. Naval Observatory, p. 29-43

Saladino García, Alberto [1990], *Dos científicos de la ilustración hispanoamericana: J. A. Alzate, F. J. De Caldas*, 1ª ed., México: UNAM y UAEM.

Saldaña, Juan José (ed.) [1986], “El perfil de la ciencia en América”, Col. Cuadernos de Quipu 1, *Sociedad Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, México: UNAM.

Saldaña, Juan José (ed.) [1992], “Los orígenes de la ciencia nacional”, Col. Cuadernos de Quipu 4, *Sociedad Latinoamericana de Historia de la Ciencia y la Tecnología*, México: UNAM.

Sluiter, Engel [1997], “The first know telescopes carried to America, Asia and the Artic, 1661-39”, en *Journal for the History of Astronomy*, vol. 28, p. 141-145.

Tamayo P. de Ham, Luz María Oralia [2000], *La geografía, arma científica para la defensa del territorio. I.1.3*, México: UNAM y Plaza y Valdez.

Trabulse, Elias (ed.) [1982], *El círculo roto*, (2ª. Ed. en FCE) México: SEP.

Trabulse, Elias (ed.) [1985], *Historia de la Ciencia en México. Estudios y textos*, Cinco Tomos, México: CONACYT y Fondo de Cultura Económica.

Vázquez, Josefina Z. [1997], *La intervención norteamericana, 1846-1848*, México: SRE.

PUBLICACIONES DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO

Memoria presentada al congreso de la unión por el Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana Vicente Riva Palacio. Corresponde al año transcurrido de Diciembre de 1876 a Noviembre de 1877. México: Imprenta de Francisco Díaz de León, 1877.

Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tomo I. México: Imprenta de Francisco Díaz de León, 1877.

Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tomo III. México: Imprenta de Francisco Díaz de León, 1877.

Memoria de la Secretaria de Fomento. Tomo I. México: (¿), 1877-1882.

Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tomo IV. México: Imprenta de Francisco Díaz de León, 1881.

Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tomo VI. México: Imprenta de Francisco Díaz de León, 1881.

Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tomo VIII. México: Imprenta de Francisco Díaz de León, 1882.