



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA  
HISTORIA DE LA CIENCIA

**INSTRUMENTOS Y PRÁCTICAS ASTRONÓMICAS EN MÉXICO:  
EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE INGENIEROS GEÓGRAFOS EN  
ASTRÓNOMOS, 1856-1899**

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRA EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

PRESENTA:  
ANDREA LUNA HERNÁNDEZ

TUTORA:  
Dra. Susana Biro McNichol  
(Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM)

CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**INSTRUMENTOS Y PRÁCTICAS ASTRONÓMICAS EN MÉXICO: EL  
PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE INGENIEROS GEÓGRAFOS EN  
ASTRÓNOMOS, 1856-1899**

	<b>ÍNDICE</b>
Agradecimientos	i
Lista de figuras	ii
Introducción	1
<b>CAPÍTULO 1. Observatorios temporales: los primeros pasos de la transformación de algunos ingenieros geógrafos en astrónomos</b>	<b>10</b>
INTRODUCCIÓN	10
1.1 LA ASTRONOMÍA QUE UTILIZABAN LOS INGENIEROS GEÓGRAFOS EN LAS EXPEDICIONES CIENTÍFICAS	13
1.2 EL TRABAJO ASTRONÓMICO DE LOS INGENIEROS MEXICANOS EN LA PRIMERA EXPEDICIÓN ASTRONÓMICA MEXICANA	20
<b>CAPÍTULO 2. Observatorios fijos: el surgimiento de los astrónomos mexicanos, 1876-1899</b>	<b>41</b>
INTRODUCCIÓN	41
2.1 UN OBSERVATORIO PARA LA GEOGRAFÍA: EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO CENTRAL	45
2.1.1 <i>Las prácticas astronómicas del Observatorio Astronómico Central</i>	52
2.2 EL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL Y EL NACIMIENTO DEL ASTRÓNOMO MEXICANO	61
2.2.1 <i>Los primeros pasos para ser astrónomo: la fundación del Observatorio Astronómico Nacional</i>	61
2.2.2 <i>Aprendiendo a ser astrónomo: el estudio del tránsito de Venus de 1882</i>	71
2.2.3 <i>Los astrónomos mexicanos y su participación en el proyecto Carta del Cielo</i>	78
Conclusiones. Ser astrónomo	96
Apéndice A. Cuadro de actividades del OAC	103
Apéndice B. Cuadro de actividades del OAN	104
Apéndice C. Personajes, instrumentos y proyectos en los que participaron	105
Archivos consultados	108
Bibliografía	108

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la UNAM y en especial al programa de Filosofía de la Ciencia por haberme permitido continuar mi formación académica. Las enseñanzas que recibí por parte de los maestros que tuve durante la maestría son invaluable y me han permitido llegar hasta donde estoy ahora. Deseo mostrar mi gratitud al jurado que leyó este trabajo: Dra. Gisela Tamhara Mateos González, Dr. Héctor Mendoza Vargas, Dra. Graciela Zamudio Varela y Dr. Jorge Cantó Illa. Cada uno de sus comentarios me permitió mejorar esta investigación y mejorar como alumna. Dra. Susana Biro le agradezco no sólo por su guía durante la realización de esta tesis, también por sus enseñanzas, comentarios y el apoyo que he recibido de su parte desde que la conocí. También agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca para estudios de posgrado que recibí. Sin el apoyo de esta institución no hubiera podido presentar este trabajo.

Durante mis estudios de maestría y la elaboración de esta tesis siempre recibí el apoyo incondicional de mi familia. Les estoy muy agradecida por esto, por soportarme en mis malos momentos y por impulsarme cuando lo requerí. Me siento afortunada por tenerlos. Aprecio la amistad que he recibido por parte de mis amigos y amigas. Su apoyo, sugerencias y consejos me han permitido crecer como persona. Chicos no los menciono por cuestiones de espacio, pero gracias por acompañarme en este viaje llamado vida.

Durante los años he conocido a personas increíbles que me han mostrado otras facetas de la vida. Profesor Héctor estoy muy agradecida por todos los conocimientos que ha compartido conmigo, el taichi ya es parte de mi vida. A mis camaradas de Sonora y al Dr. Marcelino Barboza gracias por considerarme parte de su familia. Al equipo de Frecuencia Laboral: Lulú, Toño y Martín Esparza gracias por permitirme luchar a su lado y ayudar, aunque sea un poco, a construir un México mejor.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Plano de los observatorios construidos en las colinas Nogue-no-yama y Bluff, en Japón. 29
- Figura 2: Observatorio temporal de Nogue-no-yama, donde estuvieron trabajando los ingenieros Francisco Díaz Covarrubias y Agustín Barroso. 31
- Figura 3: Observatorio de Bluff, en donde los ingenieros Francisco Jiménez y Manuel Fernández observaron y midieron los tiempos de contacto del tránsito de Venus el 9 de diciembre de 1874. 34
- Figura 4: Imágenes de las fotografías tomadas del tránsito de Venus que Agustín Barroso presentó en su informe de trabajo. 39
- Figura 5: Fotografía de una vista del Observatorio Astronómico Central, ubicado en la azotea de Palacio Nacional. 47
- Figura 6: Plano de construcción del Observatorio Astronómico Central. 48
- Figura 7: En la fotografía de la izquierda se puede ver el anteojo meridiano, atrás se encuentra el péndulo astronómico que marcaba tiempo sideral y que estaba conectado al cronógrafo. En la fotografía de la derecha está el omnímetro que fue adquirido para el Observatorio Astronómico Central en 1882. 51
- Figura 8: Dibujo del “gonio’stathmómetro” adquirido en 1878 para el OAC. 52
- Figura 9: En la imagen de la izquierda se aprecia un dibujo del trayecto de Mercurio sobre el disco solar basado en las observaciones realizadas en el OAC del tránsito de Mercurio de 1878. Por su parte, la imagen de la derecha es una copia litografiada de una de las fotografías tomadas del eclipse parcial de Sol de enero de 1880. 55
- Figura 10: Fotografía del Castillo de Chapultepec. 63
- Figura 11: Plano del proyecto del Observatorio Astronómico Nacional presentado por Ángel Anguiano al Ministerio de Fomento. 65
- Figura 12: Anteojo cenital perteneciente al OAN. Fue empleado en 1874 por la Comisión Astronómica Mexicana. Después pasó a formar parte de los instrumentos de la Escuela Especial de Ingenieros y en 1877-1878 se integró al OAN. 66
- Figura 13: Vista del gran ecuatorial. 83

Figura 14: Imagen de la fotografía que Teodoro Quintana tomó de la Luna con el Gran Ecuatorial y que Anguiano envió a Mouchez. 84

Figura 15: En la imagen de la izquierda se observa un dibujo del ecuatorial fotográfico del OAN. En la imagen de la derecha se puede apreciar una fotografía del ecuatorial fotográfico que se utilizó en el proyecto Carta del Cielo. 87

Figura 16: Litografía de una placa fotográfica tomada para el proyecto Carta del Cielo por el OAN. 89

Figura 17: Vista del Observatorio Astronómico Nacional con sede en Tacubaya. 94

Figura 18: En la imagen de la izquierda se aprecia una vista de la biblioteca del OAN. La imagen de la derecha es una posible vista del interior del departamento cronográfico del OAN. 94

## INTRODUCCIÓN

Los ingenieros geógrafos mexicanos en la segunda mitad del siglo XIX emplearon constantemente la astronomía para llevar a cabo su trabajo. Gracias a la astronomía de posición y a sus conocimientos geográficos y topográficos elaboraron mapas y recabaron información (clima, topografía, población, coordenadas geográficas) de distintos lugares de la República Mexicana. También viajaron al norte y sur de México para delimitar sus fronteras internacionales y con varios instrumentos recorrieron el país para cumplir con sus tareas geográficas.

Algunos de estos ingenieros comenzaron a interesarse en la astronomía no como una tecnología de trabajo, sino como una disciplina con sus propias interrogantes, instrumentos y prácticas. Por esta razón, un grupo de ingenieros comenzaron a solicitar apoyo a los diferentes gobiernos mexicanos para realizar proyectos astronómicos. También empezaron a instruirse sobre las prácticas de la astronómica física.<sup>1</sup> Después de muchos años de esfuerzo y trabajo por parte de los ingenieros geógrafos se estableció en México un observatorio astronómico nacional. En este espacio estos ingenieros se convirtieron en astrónomos. El camino que construyeron y siguieron para ello fue complejo. Tuvieron que apropiarse de un lugar y convertirlo en un “espacio de conocimiento” (Aubin, Bigg, Sibus 2010, 7). Adquirieron instrumentos astronómicos, los cuales aprendieron a utilizar. También produjeron publicaciones propias, como se hacía en otros observatorios extranjeros, y cultivaron sus relaciones con astrónomos de otros países.

Este proceso de transformación<sup>2</sup> de ingenieros geógrafos en astrónomos hasta el momento no ha sido estudiado por los historiadores de la ciencia en

---

<sup>1</sup> La astronomía física consistía en análisis espectrales, estudio de las órbitas planetarias y la fotografía astronómica.

<sup>2</sup> “Transformación” es el término que decidí usar para referirme al cambio de algunos ingenieros geógrafos en astrónomos. La elección de esta palabra es pragmática, considero que “transformación” toma en cuenta el contexto y las condiciones que permitieron que algunos ingenieros geógrafos devinieran en astrónomos. Por un lado, este término resalta que este cambio requirió la interacción de diferentes factores, entre ellos instrumentos y prácticas, y que estos elementos se influenciaron mutuamente. Por

México, en particular por los historiadores de la astronomía y de la geografía mexicana. Los investigadores de la historia de la astronomía mexicana saben y reconocen que el origen de los astrónomos son los ingenieros geógrafos. Pero la transición de ingeniero geógrafo a astrónomo es un tema en el cual no ahondan.

Existen numerosas investigaciones de historiadores de la astronomía y de la geografía mexicana que estudian, desde diferentes perspectivas, a los ingenieros geógrafos y al Observatorio Astronómico Nacional (OAN). Por un lado, en la historia de la geografía mexicana se ha estudiado la figura del ingeniero geógrafo, su trabajo, las comisiones en las que participaron y las instituciones que impulsaron los trabajos cartográficos en México. Estos temas se han abordado principalmente bajo la perspectiva de la institucionalización y la profesionalización de la geografía (Mendoza 1993; Moncada y Escamilla 1993; Moncada 1999; Moncada et. al. 1999; Tamayo 1999; Moncada 2003; Moncada 2004; Mendoza 2007; Moreno 2007; Azuela y Morales 2009; Tamayo y Moncada 2009; Moreno 2010; Moncada, Escamilla y Morelos 2010; Blanco y Moncada 2011). Pero también hay trabajos biográficos (Mendoza 2000) y estudios que toman en consideración las condiciones políticas, sociales y materiales que rodearon la elaboración de mapas (Caballero 2014; Tamayo 2001).

Por su parte, en la historia de la astronomía existen trabajos acerca de la Comisión Astronómica Mexicana de 1874 (Moreno 1986b; Mireles 2010) como uno de los antecedentes del Observatorio Astronómico Nacional. De igual manera hay investigaciones acerca del origen de este observatorio y sus primeros años de vida (De la Guardia 2019; Moreno 1986a; Moreno 1988; Bartolucci 2000; Moreno 2003; Téllez 2003; Biro 2010; Pacheco y Ramos 2011;

---

otro lado, al emplear “transformación” se resalta que fue un proceso y por lo tanto la aparición de la figura del astrónomo en México no sucedió de manera instantánea. Como se verá en este trabajo los ingenieros que construyeron la infraestructura para hacer astronomía en México y se autoconstruyeron (Biagioli 2008) como astrónomos tuvieron que superar dificultades propias de la época. También tuvieron que apropiarse de elementos (un lugar, publicaciones, instrumentos, prácticas científicas y participar en una red) -que se detallan en la tesis. Al definir este cambio como una transformación, permite entender la complejidad de este proceso.

Sánchez y Ramos 2011; Bartolucci 2013). Es importante mencionar que a pesar de que cada investigador recurre a diferentes ángulos de análisis,<sup>3</sup> ninguno de ellos problematiza el origen de la figura del astrónomo mexicano. Tomando como base estos trabajos otros investigadores del siglo XIX han estudiado periodos posteriores a la fundación del Observatorio Astronómico Nacional (Tress 2013; Mireles 2014; Zueck 2014). El nacimiento de los astrónomos no es analizado y los investigadores de la historia de la astronomía mexicana aceptan la transformación sin cuestionarla.<sup>4</sup>

De todos los trabajos revisados hay uno que merece especial atención porque atisba la transformación de un ingeniero en astrónomo. En su artículo “El astrónomo Ángel Anguiano: un experto aprendiz” De la Guardia se centra en el primer director del OAN para estudiar la figura del experto<sup>5</sup> o “individuo que posee un conocimiento especial, adquirido por medio del ejercicio práctico y del estudio teórico” (De la Guardia 2015, 4-5) que este ingeniero civil representó. Muestra el proceso por el cual Anguiano pasó para ser reconocido como experto de la astronomía en México y cómo esto le ayudó a convertirse en astrónomo. Este trabajo toma en cuenta sólo uno de los factores que intervinieron en la transformación. En cambio, en esta tesis estudio varios de los elementos que los ingenieros emplearon para convertirse en astrónomos y que involucran cuestiones culturales, políticas y económicas. Por esta razón considero que este trabajo es más completo y ayuda a entender cómo fue que se dio este complejo proceso de transformación.

---

<sup>3</sup> Algunas de las perspectivas bajo las cuales se ha estudiado al OAN son: la comunicación de la ciencia, la profesionalización e institucionalización de la astronomía, la historia cultural de las publicaciones y las prácticas de observación.

<sup>4</sup> Susana Biro (2013) tiene un trabajo en el que hace una revisión historiográfica de la astronomía en México de los siglos XIX y XX que arroja luz en cómo y quiénes han escrito sobre la historia de la astronomía en México.

<sup>5</sup> La experticia es una perspectiva de estudio que ha ido creciendo (Bertomeu, 2015) en los últimos años. Se enfoca en aquellas personas que son consideradas, en un determinado contexto, expertos y ve la adquisición de experticia como un proceso social ligado a la interacción de la persona con la comunidad de expertos en una disciplina (Collins y Evans 2007). Para más información sobre la experticia se puede consultar “Expertise and the Early Modern State” que corresponde al volumen 25, número 1 (2010) de la revista *Osiris*.

Muchos astrónomos del siglo XIX tuvieron un origen profesional diverso.<sup>6</sup> Hubo, por ejemplo, ingenieros civiles, sacerdotes, ingenieros geógrafos y militares. Mediante diferentes procesos todos ellos se convirtieron en astrónomos y como miembros de una comunidad científica compartieron prácticas, instrumentos, objetivos y conocimientos. Lo que haré en esta tesis es estudiar con detalle la transformación, en México, de algunos ingenieros geógrafos en astrónomos con la perspectiva de instrumentos científicos y prácticas de observación. Esta transformación fue un proceso que se dio con el paso del tiempo, donde algunos ingenieros tuvieron que participar continuamente. Por esta razón, este trabajo empieza con los ingenieros geógrafos, sus instrumentos y sus prácticas, y termina con los astrónomos mexicanos a finales del siglo XIX.

Las prácticas científicas son uno de los elementos que permite ver el proceso de transformación que se dio en el siglo XIX. Antes de proseguir, considero importante hacer un paréntesis para mencionar que la palabra “práctica” aparece de forma recurrente y en diferentes momentos en este trabajo; pero no en todos los casos tiene el mismo significado. “Práctica” fue empleada por los ingenieros geógrafos para referirse a las estancias que realizaron con comisiones geográficas y que eran parte de su formación académica.<sup>7</sup> Esta palabra también aparece cuando se mencionan los métodos e instrumentos que los astrónomos usaron para estudiar fenómenos astronómicos o cuerpos celestes. Es decir, para describir el conjunto de prácticas científicas,

---

<sup>6</sup> No pretendo abarcar, ni profundizar en el estudio de los astrónomos en otros países. Pero me parece importante mencionar que me baso en los astrónomos con los cuales los ingenieros mexicanos tuvieron contacto y en los integrantes de los observatorios astronómicos contemporáneos al OAN para afirmar que muchos astrónomos tuvieron un origen profesional diverso. Por ejemplo, el director del Observatorio del Colegio Romano Angelo Secchi fue sacerdote y mantuvo contacto con el ingeniero geógrafo mexicano Francisco Jiménez. El subteniente de la armada naval portuguesa Federico Augusto Oom fue el primer astrónomo y director del Observatorio Astronómico de Lisboa (Raposo 2013a). Mientras que el matemático Karl Wilhelm Moesta fue el primer director del Observatorio Nacional de Santiago (Keenan 1991). Sin embargo, hay que considerar que cada Observatorio astronómico, así como sus astrónomos tienen su propia historia y proceso de consolidación.

<sup>7</sup> Cuando los observatorios nacionales mexicanos se fundaron, los ingenieros en formación también acudieron a estas instituciones para llevar a cabo sus prácticas.

astronómicas en este caso, de los ingenieros geógrafos. Además, se emplea en astronomía práctica (o astronomía de posición) para referirse a las observaciones astronómicas aplicadas a la geografía.

En la historia de la ciencia desde hace aproximadamente treinta años las prácticas científicas eran ya consideradas como objetos de estudio (Baigrie 1995). Posteriormente éstas comenzaron a emplearse como un ángulo de estudio. En esta tesis, por ejemplo, se hace énfasis en las prácticas de observación científica como una perspectiva historiográfica de análisis que pone especial atención en la observación científica (más adelante en esta introducción se explicará con más detalle). Pero el papel de las prácticas científicas en la historia de la ciencia es más complejo que saber que son un objeto de estudio y una perspectiva analítica. Baigrie (1995) explica que no hay un consenso acerca de cómo describir la práctica científica. Galison, Radder y Pickering, por ejemplo, consideran distintos elementos de la práctica científica. El primero considera como elementos las tradiciones experimental, instrumental y teórica. Para Galison las limitaciones que se dan en la práctica científica es lo que permite el surgimiento de la comunidad científica de los instrumentistas, de los teóricos y de los experimentales. Estas comunidades pueden traslaparse, interactuar e incluso dar lugar a la aparición de subcomunidades. Radder se enfoca en las prácticas que fueran viables de reproducir. Para él hay una realización material y una teórica. Para Pickering los elementos de la práctica incluyen el procedimiento material, el modelo instrumental y el modelo fenomenológico. Este investigador hace énfasis en las “resistencias” o constricciones que aparecen en las prácticas y en la “acomodación” o la respuesta a estos obstáculos por parte de los científicos.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> El tema de las prácticas científicas es muy amplio. Lo que se mencionó en esta introducción es una pincelada breve y rápida de algunos puntos sobre los cuales los historiadores de la ciencia discuten. Pero falta por decir muchos más para entender a profundidad las prácticas científicas. Por ejemplo, una cuestión en la que concuerdan estos historiadores es que la ciencia es una cultura heterogénea donde sus elementos (para Pickering) o subculturas (para Galison) interaccionan y colaboran entre sí para producir conocimiento. Para más información sobre este tema ver: (Martínez 2003 y Buchwald 1995).

El estudio de los instrumentos y las prácticas de observación pone en evidencia el proceso de autoconstrucción (Biagioli 2008) de los astrónomos mexicanos. Este proceso deja ver el contexto, los elementos (que serán expuestos a lo largo de la tesis) y cómo los ingenieros mexicanos los emplearon para convertirse en astrónomos y ser aceptados como tales frente a la comunidad astronómica internacional. Debido a que en ese momento no existía la figura profesional de astrónomo en México los ingenieros tuvieron que construir y utilizar la infraestructura para hacer astronomía en México. Por esta razón considero que la principal aportación de esta tesis es que visibiliza el proceso de transformación de algunos ingenieros en astrónomos, y al hacerlo, se logra esclarecer lo que significa ser astrónomo en México a finales del siglo XIX.

Al adoptar el ángulo de análisis antes mencionado me adhiero a los trabajos que reconocen la importancia de los instrumentos científicos y las prácticas de observación no sólo como objeto de estudio, sino como herramientas de análisis. Cuando se estudian temas bajo estas perspectivas historiográficas salen a la luz distintos aspectos que con otros ángulos quedan ocultos. Se retoma la dimensión material de la ciencia que muchas veces se ignora. También se le asigna agencia a los instrumentos, porque “los objetos y las personas se transforman uno al otro” (Brower 2010, 151). Además, surgen nuevos temas y preguntas que el historiador puede estudiar y plantear (Gerritsen y Riello 2014).<sup>9</sup> Por ejemplo, sobre un telescopio el investigador puede preguntar acerca de su constructor, quiénes lo utilizaron y para qué era empleado. Estas tres interrogantes abren la puerta para hablar, entre otros temas, acerca de la movilidad del instrumento, del conocimiento que está contenido en el aparato y de los fabricantes y constructores de instrumentos científicos.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> El trabajo de Gerritsen y Riello no es sobre instrumentos científicos, sino sobre cultura material. Estos investigadores mencionan que cuando se estudia la cultura material surgen nuevos temas y nuevas preguntas para el historiador. Aunque no se refieren específicamente a los instrumentos científicos, estos aportes se extienden a ellos, porque los instrumentos forman parte de la cultura material de la ciencia.

<sup>10</sup> Los fabricantes y constructores son un grupo epistémico importante en la producción del conocimiento, pero muchas veces son invisibles porque, como señala Iwan Morus (2016), se ha asignado una diferencia de estatus epistémico entre el trabajo realizado con la cabeza (pensar) y el realizado con el cuerpo (hacer). Es importante mencionar

Al incluir los instrumentos el historiador de la ciencia incorpora otras fuentes, además de las escritas<sup>11</sup> (bitácoras, almanaques, publicaciones), que lo conectan con el pasado. Es importante mencionar que cuando el investigador tiene acceso al instrumento, su experiencia crece y es posible que se le facilite entender el funcionamiento y el uso que le dieron los científicos. Para algunos investigadores como Otto Sibum es importante el contacto con el instrumento, porque dota al investigador de lo que él denomina “conocimiento gestual”<sup>12</sup> (Sibum 1995). Sin embargo, por diferentes razones no siempre es posible acceder a ellos.<sup>13</sup> Cuando esto sucede nos encontramos con lo que Gerritsen y Riello (2014) denominan “limitación material” y “limitación práctica”.<sup>14</sup>

Brower en su trabajo “Material Histories” (2010) comenta que la arqueología y la antropología ofrecen al historiador nuevas herramientas para el estudio de la historia. Así que otro aporte más es que se pueden incorporar metodologías de distintas disciplinas al estudio de la historia en general, y en particular al análisis de la historia de la ciencia al considerar a los instrumentos científicos como objetos de estudio. Por ejemplo, una de las aproximaciones que Brower menciona es la biográfica, la cual consiste en estudiar la vida del objeto: sus usos, cómo circula de un contexto a otro, su significado, etcétera.

---

que esto no sucede en todas las disciplinas, ni en todas las épocas. En el siglo XVII, por ejemplo, algunos fabricantes de instrumentos lograron subir un peldaño en el estatus social y ganarse un lugar entre los filósofos naturales. Además, hay que tomar en consideración que la colaboración entre científicos y fabricantes, por ejemplo, viene con la lucha de intereses (reconocimiento y crédito) y de estatus en la comunidad científica (Morris 2016).

<sup>11</sup> Es interesante mencionar que también se puede hablar de la materialidad de estas fuentes escritas. Los textos vienen en diferentes formatos físicos: libros grandes, cuadernos pequeños, revistas con un tipo de papel en especial, hojas sueltas, papeles membretados, etc. Reflexiones sobre esto pueden ser interesantes.

<sup>12</sup> El conocimiento gestual se refiere a las habilidades que desarrolla una persona cuando reproduce un experimento.

<sup>13</sup> Puede suceder que el instrumento sea muy antiguo o que esté muy maltratado y necesite condiciones especiales para su conservación. También el instrumento podría ya no existir. O simplemente encontrarse en un lugar diferente de donde reside el investigador y este no puede desplazarse a donde el instrumento se encuentra.

<sup>14</sup> Las “limitaciones materiales” pueden presentarse de dos maneras: 1) el objeto puede ya no existir o 2) puede estar descontextualizado. Por su parte las “limitaciones prácticas” se dan cuando el acceso a los objetos es restringido, por ejemplo, el estado del objeto es delicado y necesita condiciones especiales.

Investigar un tema bajo la perspectiva de instrumentos científicos puede ser muy fructífera. De igual manera el ángulo de prácticas de observación científica enriquece el tema de estudio. Como Pickering menciona acerca del estudio de las prácticas científicas: se pone énfasis en lo que “los científicos hacen como científicos” (Pickering 2010, 192). Y el observar es parte de lo que los científicos hacen, especialmente los astrónomos.

La observación científica es una forma de experiencia que requiere de adiestrar la mente y el cuerpo para ejecutar determinadas técnicas y para usar ciertos instrumentos. Pudiera parecer una actividad pasiva que sólo requiere anotar datos. Pero en realidad el observador realiza una fuerte carga de trabajo que incluye, entre otras cosas, la calibración y el manejo de un instrumento; así como la labor mental de interpretar y transcribir al papel lo que se observa. Además, de ser necesario, debe contar con habilidades como el dibujo (Daston y Lunbeck 2011, 1-9).

Uno de los aportes de estudiar un tema bajo la perspectiva de las prácticas de observación es que se recupera una dimensión de la observación que quedó relegada cuando se dio al experimento más estatus epistémico. Esta dimensión se refiere a aspectos propios de la observación: la repetición, el prestar atención (por parte del observador), la toma de datos y la síntesis y descripción de lo observado (Daston 2011, 93-101). Todos estos son elementos que siempre están presentes en la observación científica y que forman parte de la producción de conocimiento, pero que a veces por parecer obvios no se les da la atención suficiente. Otro de los aportes de esta perspectiva historiográfica es que se estudia el trabajo de los científicos, sus métodos y técnicas, sus instrumentos, sus lugares de trabajo, sus redes de comunicación y en general el contexto en el cual están insertadas dichas prácticas (Daston y Lunbeck 2011, 3).<sup>15</sup> En el

---

<sup>15</sup> Por ejemplo, Tress (2013) al investigar sobre las observaciones de manchas solares en el OAN, estudió los instrumentos y métodos empleados, las personas que hacían las observaciones y las notas y dibujos que realizaron para representar sus observaciones. Además, gracias al estudio de las prácticas de observación en el OAN, logró identificar razones adicionales por las cuales se observaron manchas solares, diferentes a las reportadas por los astrónomos.

caso de la astronomía la observación tiene un papel fundamental, ya que es la única forma en que los astrónomos pueden realizar su trabajo.

Esta tesis está dividida en dos capítulos porque representan dos ideas de observatorios, uno temporal y otro fijo. Temporal, porque los ingenieros geógrafos de las dos comisiones mexicanas que analizo en el primer capítulo levantaron pequeños observatorios para realizar su trabajo. Estos observatorios son temporales, ya que después de terminadas sus labores tuvieron que reubicarse o abandonarse. Y fijo, porque en la etapa que estudio en el segundo capítulo, los ingenieros se apropiaron de un lugar (edificio) que tuvo la característica de ser inmóvil y que sirvió para que los astrónomos mexicanos se desarrollaran y llevaran a cabo sus prácticas astronómicas.

En ambos capítulos se presta atención a los instrumentos y las prácticas que los ingenieros geógrafos emplearon. En el capítulo uno, con la primera comisión se verá el trabajo típico de un ingeniero geógrafo, sus tareas, sus instrumentos y los conocimientos astronómicos que aplicaban. La segunda comisión servirá para ver cómo algunos ingenieros aprendieron e incluyeron nuevas prácticas y conocimiento astronómicos; esto con el fin de utilizarlos en una tarea exclusivamente astronómica: la observación del tránsito de Venus por el disco solar. Este primer capítulo servirá de punto de partida para conocer las raíces geográficas de los astrónomos mexicanos porque al comparar el trabajo de las comisiones se verá que son los mismos ingenieros, usando los mismos instrumentos, pero con prácticas astronómicas que empezaron a cambiar.

En el segundo capítulo entrarán a escena dos observatorios nacionales con los que contó México en el siglo XIX: el Observatorio Astronómico Central (OAC) y el OAN. A lo largo de esta sección se seguirán los instrumentos y las prácticas que los ingenieros emplearon en estos dos espacios. Esto servirá para ver cómo algunos ingenieros continuaron realizando las tareas usuales y propias de los ingenieros geógrafos; mientras que otros empezaron a utilizar instrumentos y a realizar prácticas puramente astronómicas. Se mostrarán los pasos finales que dieron algunos ingenieros geógrafos para autoconstruirse como astrónomos en México.

# CAPÍTULO 1. OBSERVATORIOS TEMPORALES: LOS PRIMEROS PASOS DE LA TRANSFORMACIÓN DE ALGUNOS INGENIEROS GEÓGRAFOS EN ASTRÓNOMOS

## Introducción

En la primera mitad del siglo XIX México se independizó de España y dejó de ser una Colonia de este reino. Durante sus primeros años de vida, una de las preocupaciones del primer gobierno mexicano fue la elaboración de mapas, ya que eran necesarios para orientar la política; así como para la administración pública del país

[Porque] sin conocer a palmos el país, sus montañas, eminencias, abras, encrucijadas, flancos, o descubiertas en sus fronteras, ríos, puertos y radas, y saber de memoria si es posible el número de sus pueblos, habitantes, sus producciones y calidades, y hasta necesidades, pasiones, inclinaciones y genio de sus vecinos, ¿cómo será posible administrar a los pueblos con acierto y rectitud? (Ortiz de Ayala 1832, 13).

Para elaborar los mapas<sup>16</sup> se organizaron comisiones conformadas por ingenieros de diversas especialidades que viajaban por la República Mexicana. Estas comisiones que se formaron bajo el auspicio del Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, fundado en 1853 por orden del presidente Santa Anna, tenían claro su objetivo: registrar y proporcionar información (mapas, estadísticas, coordenadas geográficas) para conocer el territorio mexicano.

Además, las comisiones mexicanas tuvieron un papel simbólico. La geografía y las expediciones pasaron a formar parte de la imagen moderna del México que se estaba construyendo.<sup>17</sup> Los mapas no sólo eran datos e informes

---

<sup>16</sup> Es interesante mencionar que los mapas no sólo sirvieron para la administración pública. Tamayo (2001) menciona que también fueron una forma de defender el territorio mexicano. Por ejemplo, cuando los ingenieros mexicanos delimitaron la frontera del país tuvieron que asegurarse de haber trazado con precisión los límites mexicanos; asegurando de esta manera el territorio mexicano.

<sup>17</sup> Esto se puede apreciar, por ejemplo, en las exposiciones universales. Debido a que en el siglo XIX el progreso fue un concepto importante con el cual los países medían la modernidad, las exposiciones universales “eran representaciones universales y conscientes de lo que se creía era el progreso y la modernidad, y por ello eran al mismo tiempo el cometido y la interpretación ideal de la ciudad moderna” (Tenorio 1998, 14). En las exposiciones universales los asistentes, de diversos países, exhibían trabajos representativos de su nación: muestras minerales, mapas, construcciones arquitectónicas, pinturas, etc. Para países que eran considerados modernos, como

de trabajo en formato visual, eran parte de la construcción de la imagen de México ante el mundo (Craib, 2000); eran los representantes –ante otros países– del trabajo de las comisiones y de parte de la ciencia que se hacía en México. Más aún son vestigios de las prácticas científicas que los ingenieros mexicanos llevaron a cabo.

En la Comisión del Valle de México<sup>18</sup> (1856-1857) –una de las múltiples comisiones geográficas que se formaron– se aprecia este papel simbólico. Manuel Orozco y Berra, en su trabajo *Apuntes para la historia de la geografía en México*, comenta que la idea de formar el *Atlas nacional que comprenda la historia y la geografía antigua, la geología, la zoología, la botánica, la estadística, las cartas geológicas y geodésico-topográficas del Valle de México*, era “alzar un monumento que diera á conocer en el extranjero de lo que somos capaces; mostrar fuerzas en el ramo de la ciencia para disminuir el concepto de bárbaros de que gozamos tan injustamente” (Orozco y Berra 1881, 385). En un informe de las labores astronómicas y topográficas de esta comisión, el ingeniero geógrafo Francisco Díaz Covarrubias<sup>19</sup> expresa que “[la comisión] hará cuantos esfuerzos estén de su parte, para que los trabajos de que se ocupa sean dignos de figurar entre las operaciones del mismo género practicadas en casi todos los pueblos del mundo civilizado” (Díaz Covarrubias 1857, 50). La misión de los miembros de las comisiones era doble: recabar información que fuera útil para la

---

Francia, estas exposiciones servían para afianzar su modernidad y mostrar su poder económico y político como nación. Pero para aquellos países como México que estaban en crecimiento estas exhibiciones representaron una oportunidad para mostrar que iban en el camino correcto a la modernidad. Si se desea conocer más acerca de las exposiciones universales y el papel de México en estas muestras en los siglos XIX y XX consultar Tenorio (1998).

<sup>18</sup> Esta Comisión formaba parte de un proyecto más ambicioso, que era el de tener una “colección que diera impulso a la ciencia. –El objeto era un trabajo que pudiera sostener el título de– <<*Atlas nacional que comprenda la historia y la geografía antigua, la geología, la zoología, la botánica, la estadística, las cartas geológicas y geodésico-topográficas del Valle de México*>>” (Orozco y Berra 1881, 385).

<sup>19</sup> Francisco Díaz Covarrubias fue un ingeniero geógrafo y topógrafo que estudio en el Colegio de Minería, lugar en el que también fue profesor de Topografía, Geodesia y Astronomía. Participó en varias comisiones científicas y fue miembro de varias sociedades científicas –como la Sociedad Humboldt, de la cual fue fundador. Desempeñó cargos públicos y representó a México en Congresos Internacionales. Para más información de este personaje consultar Mendoza (2000) y Moncada et. al. (1999).

administración del país y que ante otras naciones dejara una imagen de una nación igual a ellas.

Los responsables de presentar estos resultados ante el gobierno mexicano y el mundo fueron los ingenieros geógrafos y topógrafos.<sup>20</sup> En las distintas comisiones en las que trabajaron emplearon diversas técnicas y tecnologías para preparar los mapas y determinar coordenadas geográficas. Instalaban pequeños observatorios temporales, los cuales eran instalaciones que los ingenieros geógrafos construían y usaban durante sus expediciones para realizar observaciones de astronomía de posición. Estos observatorios eran característicos del trabajo geográfico y cartográfico de los ingenieros, y los trasladaban por México para realizar sus labores.

En los observatorios temporales los ingenieros aplicaban triangulaciones topográficas y geodésicas, y astronomía de posición. Por un lado, con la topografía y la geodesia apoyaban la obtención de información acerca de la configuración del terreno (por ejemplo, ríos, montañas, lagos y calzadas). Por otro lado, con la astronomía medían las posiciones y el movimiento de los astros (estrellas y la Luna) con la mayor precisión posible para determinar las coordenadas geográficas de un lugar. Los instrumentos de precisión, como los cronómetros marinos, eran fundamentales para obtener los datos necesarios, los cuales junto con fórmulas matemáticas daban como resultado los valores de latitud y longitud. La astronomía, que aprendían durante su formación como ingenieros, fue uno de los saberes más útiles que tenían (Moreno 2010). Gracias a ésta pudieron realizar el trabajo geográfico encomendado y presentarlo ante el gobierno. La relación cercana que existía entre la geografía y la astronomía de posición en México, en el siglo XIX, permitió que los ingenieros aprendieran a utilizar instrumentos y métodos astronómicos para emplearlos en sus quehaceres geográficos. Pero también ocasionó que algunos de estos

---

<sup>20</sup> Ingeniero geógrafo e ingeniero topógrafo eran dos profesiones que las personas podían estudiar en la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI). Aquellos que optaban por estas y otras ingenierías cursaban materias de matemáticas, astronomía, física, entre otras para poder graduarse. Normalmente los ingenieros egresados de la ENI trabajaban en el Ministerio de Fomento, como profesores, o en alguna institución científica –como los observatorios nacionales.

ingenieros se interesaran en temas astronómicos que no tenían aplicaciones geográficas, por ejemplo, el estudio de los planetas.

Los ingenieros que empezaron a instruirse en otras áreas de la astronomía además de la de posición, le dieron un nuevo uso a los métodos e instrumentos que empleaban en sus tareas geográficas. Además, comenzaron a adoptar nuevos instrumentos para hacer observaciones específicamente astronómicas. En este primer capítulo se verá el inicio del proceso de transformación de algunos ingenieros geógrafos en astrónomos en México. Para esto me fijo en el trabajo realizado en los observatorios temporales instalados por dos comisiones: la Comisión del Valle de México y la Comisión Astronómica Mexicana. La primera trasladó su observatorio por todo el Valle de México con el fin de elaborar un mapa; la segunda construyó dos observatorios en el extranjero para medir un fenómeno astronómico. Al estudiar las prácticas científicas de estas dos comisiones se verá que hubo instrumentos, métodos y personas que estuvieron presentes en ambas comisiones, y otros que fueron exclusivos de la segunda comisión, por el objetivo astronómico de esta expedición.

### **1.1 La astronomía que utilizaban los ingenieros geógrafos en las expediciones científicas**

Durante los últimos meses de 1856 y parte de 1857, las secciones<sup>21</sup> de topografía, y de astronomía y geodesia de la Comisión del Valle de México, formada bajo el auspicio del Ministerio de Fomento,<sup>22</sup> realizaron observaciones astronómicas, triangulaciones y cálculos matemáticos para cumplir con las tareas geodésicas, astronómicas y topográficas que les fueron encargadas. Estas dos secciones de índole geográfico y cartográfico llevaron a cabo estas labores para la integración y edición del plano del Valle de México.

---

<sup>21</sup> Manuel Orozco y Berra (1881) en su trabajo *Apuntes para la historia de la geografía en México* menciona que se formaron cinco secciones: arqueología e historia antigua, zoología y botánica, geografía antigua y estadística, astronomía y geodesia, y topografía.

<sup>22</sup> Durante los últimos treinta años del siglo XIX y principios del XX, el Ministerio de Fomento sufrió cambios en cuanto a su estructura organizativa. Sin embargo, esto no limitaba la responsabilidad de las tareas geográficas, cartográficas y estadísticas.

El Ministerio de Fomento nombró responsables de estos grupos a dos ingenieros que estudiaron en el Colegio de Minería.<sup>23</sup> El ingeniero geógrafo y topógrafo Díaz Covarrubias fue el encargado de la sección de astronomía y geodesia; de la sección topográfica, el agrimensor e ingeniero topógrafo Manuel Fernández Leal<sup>24</sup> fue el responsable.

Una vez que el Ministerio hubo nombrado a los miembros de la Comisión del Valle de México y los instrumentos estuvieron listos, el viaje comenzó. Ésta, al igual que cualquier otra expedición, requirió de preparativos<sup>25</sup> que permitieron que personas e instrumentos se desplazaran de un contexto a otro (Bourguet, Licoppe y Sibus, 2002).

Las tareas geodésicas fueron las primeras en realizarse en la sección de astronomía y geodesia. Díaz Covarrubias menciona que “en el mes de se[p]tiembre del año próximo pasado, con el objeto de dar principio a las operaciones geodésicas, hice un reconocimiento en las inmediaciones de la capital” (Díaz Covarrubias 1857, 43). Lo que pretendía era encontrar un lugar adecuado para establecer el campamento. Sin embargo, debido a las lluvias, gran parte del terreno se encontraba inundado. Este tipo de situaciones eran comunes en el trabajo que los ingenieros desempeñaban, por ese motivo constantemente debían adaptarse al lugar, adaptar sus prácticas científicas y

---

<sup>23</sup> A lo largo de los años el Colegio de Minería sufrió cambios en sus planes de estudios, en las carreras impartidas y en el nombre de la institución. A finales del siglo XVIII y principios del XIX era llamado Colegio de Minería. En 1833, cuando Valentín Gómez Farías estaba en el poder, el Tercer Establecimiento de Ciencias Físicas y Matemáticas y un año después cuando Antonio López de Santa Anna retoma la presidencia vuelve a ser el Colegio de Minería. En 1863 se convirtió en la Escuela Imperial de Minas; en 1867 fue la Escuela Especial de Ingenieros; finalmente en 1883 se llamó Escuela Nacional de Ingenieros (Ramos 2013).

<sup>24</sup> Manuel Fernández Leal trabajó junto con Francisco Jiménez en la Comisión de Límites con Estados Unidos (1849-1857). Fue profesor de la Escuela Nacional Preparatoria, Oficial Mayor de la Secretaría de Fomento y director de la Casa de Moneda (Mireles 2010, 26).

<sup>25</sup> Por ejemplo, si los miembros de la Comisión trabajaban como profesores o desempeñaban algún puesto en el gobierno, entonces, debían pedir permiso para ausentarse y encontrar un suplente. Los instrumentos debían solicitarse al Colegio de Minería, al Colegio Militar o a la institución que los tuviera. El Ministerio de Fomento debía contar con financiamiento y considerar la posibilidad de que la expedición necesitaría protección militar –como ocurrió con la Comisión de Límites Mexicana.

buscar soluciones a los problemas que surgían debido a las condiciones locales (Livingstone 2003).

Medir era complejo porque implicaba el uso de instrumentos, la aplicación de métodos y de sistemas abstractos (como el sistema métrico decimal). También requería de la experiencia y habilidad, en este caso, de los ingenieros para cuantificar y obtener datos que posteriormente se transformarían en representaciones visuales: mapas. Aunado a esto, las reglas de hierro eran “defectuosas”,<sup>26</sup> lo que hacía que las medidas de la base (o uno de los lados) del triángulo obtenidas no tuvieran la precisión requerida. La distancia de la base, junto con los ángulos correspondientes a sus vértices son el punto de partida para calcular –usando trigonometría– la longitud y los lados de los demás triángulos de la red. Si la primera distancia tenía errores, entonces los demás datos calculados arrastrarían ese error y los mapas no tendrían la exactitud adecuada.

Por las lluvias y el mal estado de las reglas, Díaz Covarrubias comenta que dejó monumentos<sup>27</sup> para marcar los extremos de la base del triángulo y dio por terminadas –por el momento– las tareas geodésicas. Esto deja ver cómo el clima, el terreno y la condición de los instrumentos son elementos que afectan las prácticas científicas. La situación descrita al inicio del párrafo es un ejemplo más de lo complejo que es el trabajo de campo. Todas las contingencias que se presentan muestran que las prácticas científicas de los ingenieros geógrafos no son estáticas, cambian y se ajustan a las condiciones locales. En este caso, Díaz Covarrubias tuvo que adaptarse a las condiciones del campo y decidió iniciar las tareas astronómicas para determinar la posición geográfica de la ciudad. Por este motivo señaló que:

---

<sup>26</sup> Díaz Covarrubias no especifica cómo eran las reglas de hierro a las que se refiere. Sin embargo, en el trabajo topográfico era usual emplear cadenas para medir longitudes. Por esta razón, puedo suponer que las reglas a las que se refiere Díaz Covarrubias son las cadenas que utilizaban los ingenieros geógrafos en sus prácticas. Además, Díaz Covarrubias no menciona a que se refiere con “defectuosas”, pero es posible suponer que las reglas o cadenas estuvieran en mal estado.

<sup>27</sup> Los monumentos eran señales que se ponían en el terreno para indicar puntos importantes. En este caso señalaban los extremos de la base del triángulo inicial.

[a] mediados de Octubre [de 1856] quedó terminado el observatorio, que consistía esencialmente en dos fuertes troncos de madera y que tenían más de un metro bajo tierra, y en los que estaba sólidamente fijados el anteojo de tránsitos y el telescopio [z]enital, guarecidos de la intemperie por tiendas de campaña (Díaz Covarrubias 1857, 44).

Díaz Covarrubias realizó distintas observaciones astronómicas para determinar las coordenadas geográficas de diversos puntos de la ciudad. Lo acompañaron su amigo y compañero del Colegio de Minería, Manuel Fernández Leal, el ingeniero Mariano Santa María y el capitán de ingenieros Marcos González, quien iba en calidad de practicante. Gracias a la formación como ingenieros que recibieron en los diferentes establecimientos de México como el Colegio de Minería (Ramos 2013), el Colegio Militar, la Escuela Nacional de Bellas Artes (Ramos 2007), la Escuela Nacional de Agricultura (Urbán 2007), el Instituto de Ciencias en Jalisco (De la Torre 2010) o el Colegio Rosales (Rodríguez 2007), en Sinaloa, pudieron llevar a cabo las tareas de medir la latitud y longitud.

Para medir la latitud, con el catálogo astronómico<sup>28</sup> de la “Sociedad Británica” se seleccionaban un par de estrellas que estuvieran cerca del cenit. Después se utilizaba el telescopio cenital,<sup>29</sup> el cual se apuntaba a las estrellas seleccionadas, y se medía con el micrómetro acoplado al ocular del telescopio la diferencia de distancias cenitales de las estrellas. Este procedimiento que se conoce como método de Talcott consiste en medir la diferencia de distancias cenitales o alturas de dos estrellas cercanas al cenit. Es importante mencionar que este método no era el único que se podía utilizar; también se podía emplear el tránsito de estrellas por una vertical. Es decir, tomar el tiempo del tránsito (o paso por un meridiano) de estrellas por varios de los hilos de la retícula del telescopio.

La longitud se determinó con los métodos de ocultación de estrellas y culminaciones lunares. Por esta razón, era necesario utilizar el anteojo de

---

<sup>28</sup> Este catálogo se refiere a un catálogo estelar. Los catálogos estelares son listados de estrellas con diferentes datos de ellas, como su posición, que servían para determinar coordenadas geográficas.

<sup>29</sup> Este telescopio había sido utilizado con anterioridad por miembros de la Comisión de Límites Mexicana para trazar la frontera entre Estados Unidos y México.

tránsito<sup>30</sup> para observar el paso de las estrellas y de la Luna. Por último, para medir el tiempo de los tránsitos de estrellas se empleó uno de los instrumentos más comunes en las prácticas de los ingenieros geógrafos: el cronómetro marino. Este tipo de reloj era usual porque presentaba dos ventajas. La primera era la facilidad con la que se podía transportar y movilizar, es decir, era un instrumento portátil; la segunda ventaja es que era un instrumento de precisión.

La búsqueda de precisión y el manejo de errores siempre estuvieron presentes en la práctica astronómica de los ingenieros mexicanos. Por esta razón es interesante mencionar que Díaz Covarrubias comenta que uno de los problemas en la determinación de la longitud son los errores que se presentan.<sup>31</sup> De ahí que la ventaja de usar los métodos de ocultación de estrellas y culminaciones lunares para la longitud es que los errores se minimizan y el valor final obtenido es más preciso. Por medio de la cuantificación se buscaba eliminar los errores de la medición y la observación, para así tener resultados precisos. Debido a que la precisión es el resultado del trabajo de un grupo (Wise 1995, 9), los ingenieros pasaron por un proceso de estandarización, es decir, tuvieron que llegar a acuerdos acerca de los instrumentos, los métodos de observación y los procedimientos matemáticos a emplear para obtener los resultados deseados. Por ejemplo, el método de mínimos cuadrados era usado para calcular el valor final de latitudes,<sup>32</sup> y cuando se observaban tránsitos de estrellas se incluía la ecuación personal<sup>33</sup> de los observadores.

---

<sup>30</sup> Este instrumento también había sido utilizado por la Comisión de Límites Mexicana y debido al uso que se le dio en esta Comisión el telescopio quedó bastante maltratado.

<sup>31</sup> Para Díaz Covarrubias los errores provienen de dos fuentes: de los datos proporcionados (declinación de las estrellas, por ejemplo) por las tablas astronómicas, de los catálogos o de los almanaques empleados para elegir las estrellas a observar, o de la observación realizada por el observador.

<sup>32</sup> Francisco Jiménez menciona en su *Memoria sobre la determinación astronómica de San Juan Teotihuacán* que para el método de distancias cenitales de estrellas circumpolares utilizó el procedimiento de mínimos cuadrados para calcular el valor final de la latitud.

<sup>33</sup> La ecuación personal surgió cuando los astrónomos se dieron cuenta que los tiempos registrados de un mismo tránsito difería entre los observadores. La ecuación personal expresa la diferencia de la medición entre dos observaciones. Para más información acerca de la ecuación personal ver: Schaffer (1988) y Canales (2009).

La formación de los ingenieros geógrafos mexicanos y las tareas astronómicas que desarrollaban dejan ver la importancia de la astronomía para la geografía. Por ejemplo, sin la astronomía práctica los ingenieros no podrían haber obtenido coordenadas geográficas que eran requeridas en su trabajo. Uno de los profesores de la Escuela Especial de Ingenieros en un informe de 1879 señalaba este sentir al mencionar que “Una de las clases más importantes en la Escuela, sobre todo por lo escaso de [nuestros] conocimientos actuales en la geografía patria, es sin duda la de la Astronomía, que constituye á la vez la ciencia más hermosa y antigua de todas” (AHPM, Caja 208). Además, el trabajo de estos ingenieros era el reflejo de la astronomía que aprendían durante su formación;<sup>34</sup> así como de las prácticas astronómicas que realizaban ya sea en el observatorio de la escuela <sup>35</sup> o como practicantes en las comisiones del gobierno.<sup>36</sup>

Con el fin de reiniciar con las triangulaciones geodésicas de la Comisión del Valle de México, se decidió mover el observatorio temporal que se encontraba en la garita de San Lázaro al pueblo de Mixcoac. En ese lugar, una vez instalado el observatorio, continuaron las observaciones de la latitud y

---

<sup>34</sup> Por ejemplo, en el Colegio de Minería, a pesar de los cambios en los planes de estudio, la astronomía práctica junto con otras asignaturas (como geometría, química y mineralogía) se mantuvieron en la enseñanza del Colegio. En el plan de 1843 estuvo presente con los cursos de cosmografía y uranografía; en el de 1854 con la materia de astronomía teórico-práctica; en el plan de 1867 con astronomía práctica; en el de 1883 con la materia de astronomía física y práctica, y en plan de 1897 se presenta como astronomía física y práctica y mecánica celeste (Ramos 2013, 83-103).

<sup>35</sup> Este observatorio no sólo fue utilizado por alumnos y profesores, también miembros de comisiones llegaron a emplearlo. Por ejemplo, el ingeniero geógrafo Francisco Jiménez, en 1865, acudió a este observatorio en calidad de miembro de la Comisión Científica de Pachuca para realizar las observaciones y mediciones correspondientes a la diferencia de longitud entre San Juan Teotihuacán y la Escuela Imperial de Minas (Jiménez 1865).

<sup>36</sup> Por ejemplo, el plan de 1843 señalaba que los ingenieros de minas dedicarían los tres últimos años de su carrera a prácticas de campo, “medio año cursando mecánica aplicada a la minería y análisis químico en el colegio; año y medio en la escuela de Guanajuato, y el último año en cualquier otro mineral”. Y que los ingenieros geógrafos debían realizar los dos últimos años de estudio en prácticas de campo con el gobierno: “Los dos últimos años de la carrera, se dedicarían a las prácticas “con los ingenieros geógrafos del gobierno, en clase de agregados a las comisiones que desempeñan dichos oficiales” (Mendoza 1993, 150).

longitud y se reemprendieron las tareas para la triangulación geodésica. Básicamente, el trabajo astronómico de la sección de astronomía y geodesia de la Comisión del Valle de México fue emplear métodos e instrumentos de astronomía práctica para determinar posiciones geográficas.

Por otro lado, la mayor parte de la triangulación topográfica fue realizada por los ingenieros Miguel Iglesias y Antonio Peña. Aunque en San Lázaro, el capitán de ingenieros Marcos González y el ingeniero Ramón Almaraz también contribuyeron a la triangulación de la región. A diferencia de la sección de astronomía y geodesia, la sección de topografía decidió empezar sus labores en la Ciudad de Guadalupe Hidalgo. Se exploró el lugar para establecer el campamento, y una vez seleccionado el sitio los ingenieros comenzaron a trazar la cadena de triángulos correspondiente. Marcaron y midieron con una cadena la base del primer triángulo. Para corregir errores se comparó la cadena con un metro de latón estandarizado proporcionado por el Ministerio de Fomento. El uso de instrumentos estandarizados fue muy importante para la práctica científica de los ingenieros, porque facilitaba la movilización del conocimiento y proporcionaba datos y resultados fáciles de comparar.<sup>37</sup>

Una vez que se tenía la distancia de la base se señalaban los vértices de los distintos triángulos<sup>38</sup> de la cadena de triangulación, y se medían los ángulos interiores de todos los triángulos con un teodolito. Este instrumento permitía medir ángulos horizontales gracias a la plancha de metal graduada en grados que tenía. A esta primera triangulación le siguió otra de segundo, tercer y cuarto

---

<sup>37</sup> La estandarización es fundamental para la ciencia porque facilita la movilización del conocimiento al establecer consensos que facilita el trabajo en la comunidad científica. La estandarización implica uniformidad porque limita variedades, tipos o clases (Soule 1935, 319). Estandarizar es ajustar unidades de medidas, instrumentos, comportamientos a un conjunto de normas establecidas para tener homogeneidad o uniformidad. De esta manera es más fácil comparar resultados e ideas y lograr que, como menciona Sibum (1995), el conocimiento local funcione en otros lados. El tema de estandarización es más extenso y complejo de lo que se menciona en esta nota de pie, así que para ver más acerca de este tema consultar: (Soule 1935; Wise 1995; Sibum 1995).

<sup>38</sup> Estas señales se hacían con banderas o ladrillos y cuando se estaba haciendo trabajo topográfico cerca de ciudades o poblados se utilizaban las esquinas de construcciones (como edificios).

orden.<sup>39</sup> Así se podían tener más datos para realizar los mapas con más detalle y representar cerros, ríos, calzadas, entre otros. En cada región a la que se trasladaba el campamento, se repetía este procedimiento.

La Comisión del Valle de México tuvo que suspender sus actividades, debido a la Guerra de Tres Años (1858-1861).<sup>40</sup> Sin embargo, su trabajo deja ver un poco lo que era el ingeniero geógrafo de México en el siglo XIX, así como la astronomía que aprendían y utilizaban los ingenieros geógrafos y topógrafos, en sus tareas y en los observatorios temporales de las expediciones geográficas. También se puede apreciar la importancia de la astronomía práctica o de posición para la geografía y la cartografía

## **1.2 El trabajo astronómico de los ingenieros mexicanos en la primera expedición astronómica mexicana**

Durante la segunda mitad del siglo XIX, las comisiones geográficas siguieron recorriendo el país. Los ingenieros que trabajaron en el Ministerio de Fomento o en otras instituciones, como el Colegio de Minería, continuaron empleando la astronomía para determinar coordenadas geográficas. Y aquellos que además eran profesores, siguieron enseñando astronomía práctica a las nuevas generaciones de ingenieros. Muchos de estos ingenieros eran miembros de sociedades científicas, por lo que tenían acceso a distintas publicaciones y noticias diversas. Además, algunos de estos ingenieros, como Francisco Jiménez, estuvieron en contacto epistolar con astrónomos extranjeros, por ejemplo, con el director del Observatorio del Colegio Romano Angelo Secchi. Todo esto, junto con la breve vida del Observatorio Astronómico Nacional de

---

<sup>39</sup> Los órdenes de triangulación tienen que ver con las distancias de los lados de los triángulos. Por ejemplo, para las triangulaciones de cuarto orden la distancia máxima de los lados de los triángulos fue de aproximadamente 1 kilómetro. Mientras más alto sea el orden menor será la distancia máxima de los lados del triángulo.

<sup>40</sup> La Guerra de Tres Años o Guerra de Reforma fue un conflicto que tuvo lugar entre dos facciones conocidas como: liberales y conservadores. Este conflicto interno se dio porque para 1858 México tenía dos presidentes: Benito Juárez (que representaba a los liberales) y Félix Zuloaga (que representaba a los conservadores). Así que las dos facciones lucharon para defender al presidente que consideraban legítimo. Para más información acerca de este acontecimiento de la historia de México consultar: *Historia general de México versión 2000*.

1862-1863 avivó al interés de algunos de los ingenieros geógrafos en la astronomía, por lo que comenzaron a realizar prácticas de la astronomía física.

El Observatorio Astronómico Nacional<sup>41</sup> de 1862-1863 funcionó menos de un año, debido a la guerra contra Francia. Sin embargo, es uno de los antecedentes que muestra el interés que algunos de los ingenieros mexicanos tuvieron por la astronomía como área de investigación. Aunque tuvo una vida corta, es un ejemplo de cómo los ingenieros negociaron con el gobierno para iniciar un proyecto astronómico. Representa un primer intento de establecer una institución que realizara tareas de índole astronómicas; además de apoyar las tareas geográficas de México. Esto puede verse cuando comentando acerca de la desaparición del Observatorio –una vez terminada la guerra contra Francia– Díaz Covarrubias menciona que,

Es lamentable ver que no solo los Estados-Unidos que tienen en actividad muchos observatorios de primer orden, sino otras repúblicas hispano-americanas están pagando su contingente á la ciencia de los astros, y México [...] nada hace para colocarse en esta materia á la altura que le corresponde (Díaz Covarrubias 1867, X).

Las sociedades científicas en México<sup>42</sup> eran un espacio de difusión de conocimiento donde, por ejemplo, médicos, jurisconsultos, ingenieros, profesores,<sup>43</sup> se reunían para presentar trabajos, difundir noticias, relacionarse

---

<sup>41</sup> El Observatorio Astronómico Nacional (1862-1863) fue un proyecto que surgió después de varias pláticas entre Díaz Covarrubias y Jesús Terán, quien en 1862 era Secretario de Estado. El ingeniero comenta en su trabajo *Nuevos métodos astronómicos...* (1867) que después de varias reuniones con Terán consiguió su apoyo para fundar un observatorio. Fue así que este observatorio se terminó de instalar en el Castillo de Chapultepec en enero de 1863, con Díaz Covarrubias como su director y Agustín Barroso como su ayudante. Sin embargo, debido a la segunda intervención francesa (1862-1867), tropas francesas ocuparon la capital del país y el Observatorio tuvo que parar sus labores. Para más información ver: Díaz Covarrubias (1867) y Moreno (2003).

<sup>42</sup> Durante el siglo XIX hubo alrededor de 29 sociedades científicas (Vigil 2008), pero no todas lograron mantenerse en pie. Las sociedades más importantes fueron la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, la Sociedad Científica Antonio Alzate y la Sociedad Mexicana de Historia Natural (Azuela 1996).

<sup>43</sup> Los integrantes de estas sociedades eran en su mayoría personas que tenían algún tipo de estudio como médicos o ingenieros. Sin embargo, estas sociedades contaron también con miembros honorarios que generalmente eran personas con puestos

entre ellos y discutir sobre diversos temas. En la *Sociedad Humboldt*, por ejemplo, usualmente se abordaban temas de medicina o de ingeniería, aunque sus integrantes llegaron a presentar trabajos relativos a astronomía. En esta sociedad, sus miembros debían presentar cada tres meses un trabajo, el cual podía llegar a ser discutido si se presentaba el caso que algún otro socio tuviera algún comentario al respecto (Vigil 2008, 55).

En torno a estas sociedades se aglutinaron miembros de la comunidad científica mexicana, ya que, como menciona Pang (2002), dichas sociedades proporcionaban la infraestructura para la comunidad científica. En estos lugares se promovían investigaciones, se formaban redes de comunicación, circulaba el conocimiento y se construían bibliotecas como espacios de estudio y consulta. También se discutían las investigaciones de sus integrantes y el uso de instrumentos y métodos (Pang 2002, 19). Además, sirvieron a los científicos para legitimar su trabajo y obtener apoyo económico de parte del gobierno (Azuela 1996).

Las sociedades contaban además con publicaciones<sup>44</sup> propias, donde se presentaban trabajos de astronomía, meteorología, matemáticas, geografía, medicina e historia natural, etc., tanto nacionales como extranjeros. Contaron también con bibliotecas, en las cuales era usual encontrar diversas obras, que eran utilizadas por sus miembros como fuente de consulta, para la enseñanza y para la investigación.<sup>45</sup> También era posible encontrar publicaciones de otras

---

políticos importantes. Por ejemplo, Porfirio Díaz, en 1891, fue Presidente Honorario de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (Azuela 1996, 46).

<sup>44</sup> Algunas de las publicaciones de estas sociedades fueron el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística; *Anales de la Sociedad Humboldt*, de la Sociedad Humboldt; *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate* y *Revista Mensual Científica*, de la Sociedad Científica Antonio Alzate, y *La Naturaleza, Periódico Científico de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, de la Sociedad Mexicana de Historia Natural.

<sup>45</sup> En la biblioteca del Colegio de Minería, por ejemplo, se podían encontrar algunos libros extranjeros como: *Recueil d'observations géodésiques, astronomiques et physiques* escrito por Jean Baptiste Biot y Francois Arago; *Introduction a la géographie mathématique et critique et a la géographie physique* escrito por F. Lacroix, y de Joseph Delambre: *Histoire de l'astronomie moderne* (Moncada 2003, 62). Otra obra fue *Guía del Geómetra* de Goulard Henrionet, la cual fue usada para la clase de topografía, geodesia y astronomía en 1863 (AHPM, Caja 206). Del lado de las obras nacionales

sociedades, porque había suscripciones a revistas extranjeras e intercambio de publicaciones. Las obras mexicanas no sólo fueron un medio para dar a conocer trabajos y noticias, sino que también formaron parte de la carta de presentación de la ciencia mexicana ante las naciones consideradas modernas. Por ejemplo, los *Anales de la Sociedad Humboldt* se presentaron en la Exposición Internacional de Filadelfia de 1876 y recibieron un premio (Vigil 2008, 58).

Gracias a esta circulación de conocimiento escrito, los estudiosos mexicanos daban a conocer su trabajo fuera de México y estaban al día de los trabajos realizados por sus connacionales, así como por estudiosos extranjeros. Las publicaciones formaron parte de las redes de comunicación entre mexicanos y extranjeros, entre personas con diferente formación académica y también entre miembros de distintas sociedades e instituciones.<sup>46</sup>

La correspondencia que los ingenieros tuvieron con astrónomos extranjeros fue otro elemento importante de la red de comunicación y de la red de trabajo de los ingenieros geógrafos. Por ejemplo, sabemos por Mendoza (2000) que el ingeniero Díaz Covarrubias se puso en contacto con los astrónomos George B. Airy, director del Observatorio de Greenwich (Inglaterra), y William Cranch, director del Observatorio de Harvard (Estados Unidos). Además, Díaz Covarrubias en su trabajo *Determinación de la posición geográfica de México* (1859) comenta que contactó con estos dos astrónomos para pedirles las observaciones de longitud y latitud de sus respectivos observatorios. A su vez, les mandó parte de los cálculos que tenía de la posición geográfica de la Ciudad de México.

Gracias a lo anterior fue que obtuvieron noticias e información de las investigaciones de astronomía física. De hecho, Mendoza (2000) menciona que

---

estaban los primeros libros mexicanos de las siguientes materias: *Aritmética, álgebra y geometría* del profesor de matemáticas Joaquín de Mier y Terán, y *Cálculo infinitesimal*, y *Tratado elemental de Topografía, Geodesia y Astronomía práctica* de Díaz Covarrubias, quien fue designado profesor de la clase de topografía y astronomía, en 1863.

<sup>46</sup> Por ejemplo, la sociedad Andrés del Río, en 1879, solicitó a la Escuela de Ingenieros usar el observatorio astronómico y meteorológico para estudiar y observar una lluvia de meteoritos (AHPM Caja 209).

Díaz Covarrubias se enteró del tránsito de Venus por el disco solar de 1874 y de la propuesta de Airy de formar comisiones en varios países para realizar un trabajo coordinado internacional para medir el tránsito de Venus como resultado del contacto que tuvo con este astrónomo inglés.

La medición de los tiempos de contacto<sup>47</sup> del tránsito de Venus fue de gran importancia para la comunidad astronómica de siglo XIX. Este fenómeno era una oportunidad para obtener la distancia de la Tierra a Sol y establecer una unidad de medida astronómica que serviría por ejemplo para calcular las dimensiones del sistema solar o las distancias entre astros (Canales 2002, 586). Así que en varios países comenzaron a realizar preparativos y a formar comisiones para estudiarlo.

En México este fenómeno también despertó interés en el grupo de ingenieros que había comenzado a estudiar astronomía. Para este grupo, este tránsito presentó una oportunidad de hacer uso de sus conocimientos astronómicos (aprendidos durante su formación). También fue una oportunidad para validar su práctica como astrónomos ante la comunidad científica mexicana y extranjera. Por esta razón, buscaron la manera de negociar con el gobierno mexicano apoyo económico para formar una comisión y trasladarse a alguna región de Asia para realizar las observaciones.

Organizar una expedición astronómica no era sencillo. Se debían preparar cuestiones técnicas (instrumentos, métodos de observación), logísticas (lugar donde poner el observatorio, planear la ruta de viaje) y políticas (financiamiento y apoyo del gobierno) (Pang 2002, 38). Los preparativos que se debían hacer para ir de un contexto a otro siempre incluyeron trabajo social y material (Bourguet, Licoppe y Sibum 2002).

---

<sup>47</sup> Los puntos de contacto son el momento en que el disco del planeta, en este caso Venus, toca el disco solar. En los tránsitos de planetas hay cuatro contactos, dos externos y dos internos. El tiempo en que ocurrían estos contactos fue lo que medían los astrónomos.

En México, para llevar a cabo el trabajo político los ingenieros aprovecharon sus nombramientos en puestos de gobierno<sup>48</sup> y sus relaciones para obtener apoyo del gobierno. Debían convencerlo de la utilidad de la expedición y de su viabilidad. En su libro: *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*,<sup>49</sup> Díaz Covarrubias menciona que en la Cámara de Diputados se planteó la posibilidad de mandar una expedición para observar el tránsito. Sin embargo, debido a que se presentó esa propuesta con más de tres años de antelación, la idea quedó olvidada.

Posteriormente, en 1874, el tema del tránsito se retomó. En la sesión del 11 de abril de la Sociedad Humboldt, Díaz Covarrubias, quien era presidente, leyó una memoria referente al tránsito de Venus para traer a discusión este tema. También fue comentado en una reunión de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística (SMGE) a mediados del mismo año. A pesar de que se trató el tema en dos sociedades científicas, todo parecía indicar que la organización de la expedición no se llevaría a cabo. No se llegó a algún acuerdo porque los miembros de las sociedades consideraron que el tiempo que faltaba para el tránsito era poco y no se podría organizar la expedición. Sin embargo, el diputado Juan José Baz –quien supongo estaba sensibilizado con respecto a la importancia de mandar una comisión a medir los tiempos de contacto del tránsito de Venus– conversó el 8 de septiembre con el presidente Sebastián Lerdo de Tejada sobre la expedición.

Los esfuerzos de estos ingenieros rindieron frutos, pues Lerdo de Tejada mandó llamar a Díaz Covarrubias pocos días después de su plática con Baz para preguntarle acerca de la viabilidad de la expedición y pedirle una propuesta de

---

<sup>48</sup> Por ejemplo, Francisco Jiménez en 1865 fue nombrado oficial mayor de la Secretaría de Fomento. Francisco Díaz Covarrubias también fue oficial mayor de la Secretaría de Fomento (1867-1877), por lo que conocían a políticos con los cuales tuvieron pláticas sobre el tránsito de Venus.

<sup>49</sup> La información de la expedición a Japón de la Comisión Astronómica Mexicana, fue tomada de la memoria *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* de Francisco Díaz Covarrubias. Así que todas las referencias que hago, a menos que indique lo contrario, proceden de esta fuente.

la misma. Casi cuatro meses antes del tránsito de Venus, el presidente Sebastián Lerdo de Tejada autorizó la creación de una comisión diferente a las de índole geográfica: la Comisión Astronómica Mexicana.

Esta Comisión quedó integrada por cinco ingenieros. Cuatro de ellos eran amigos y conocidos que compartían el interés por la astronomía, y apoyaron desde distintos frentes la creación de esta comisión. Como primer astrónomo y presidente fue nombrado el ingeniero geógrafo y topógrafo, Díaz Covarrubias; al ingeniero geógrafo Francisco Jiménez se le asignó el puesto de segundo astrónomo; como ingeniero topógrafo y calculador se designó al ingeniero topógrafo y agrimensor Fernández Leal; Agustín Barroso, ingeniero en minas, fue nombrado ingeniero, calculador y fotógrafo; finalmente el ingeniero civil y en minas Francisco Bulnes, asignado por el gobierno, fue nombrado calculador y cronista de la comisión. Estas personas fueron las que se encargaron de medir los tiempos de contacto del tránsito y de representar a México ante otras comisiones astronómicas extranjeras.

La Comisión Astronómica Mexicana tenía el objetivo de “adquirir para la ciencia un dato [...] y ponerlo [...] a la disposición de los sabios destinados a combinar y discutir todos los resultados obtenidos en los numerosos observatorios [...] a fin de deducir de esa discusión el valor de la unidad de nuestro sistema planetario” (Díaz Covarrubias 1876, 7). No era una tarea fácil, ya que requería de mucho trabajo y dinero. Esta empresa implicaba varios gastos: transporte, hospedaje, comida, traslado de los instrumentos, pago para la construcción de los observatorios, etc. Gastos con los que algunos en México no estaban contentos. En el periódico *El Monitor Republicano*, por ejemplo, se expresó el malestar de que se gastara dinero en esta expedición y no en la compostura de caminos (Mireles 2010, 78-79).<sup>50</sup> El mismo presidente de la Comisión, Francisco Díaz Covarrubias, estaba consciente de que

---

<sup>50</sup> En el periódico *El Monitor Republicano* se menciona que se le asignó 30,000 pesos a la Comisión Astronómica Mexicana para cubrir sus gastos (Mireles 2010, 79). Para darse una idea de cuánto equivalían 30,000 pesos en ese momento. Durante 1877 de enero a noviembre el gobierno invirtió aproximadamente 17,000 pesos para edificar fuentes, tapar baches, construir y dar mantenimiento a seis calzadas de la Ciudad de México, así como para levantar un puente en Mexicaltzingo. Los gastos incluían

no se trataba simplemente de un viaje alrededor del mundo emprendido por gusto o aun por necesidad...veía yo sin cesar suspendido sobre mi el peso de una gran responsabilidad, sin poder confiar al mismo tiempo en la seguridad de salir airoso en la empresa confiada a mi cuidado (Díaz Covarrubias 1876, 18).

Lo que estaba en juego en esta expedición no sólo era el “dinero de la nación”, sino también la imagen de México ante las “naciones civilizadas”, la imagen de la ciencia mexicana ante los “pueblos cultos” y el desempeño de los ingenieros ante astrónomos extranjeros y el gobierno mexicano. Esta expedición presentó una oportunidad para los ingenieros mexicanos de mostrar su “madurez científica” (Pang 2002, 39); es decir, de demostrar que tenían los conocimientos astronómicos, los instrumentos, habilidades de planeación y el personal suficiente para llevar a cabo una expedición astronómica como lo hacían los astrónomos extranjeros.

Conscientes del poco tiempo que tenían para llegar a Japón, pues ya estaban en septiembre y el tránsito se vería en diciembre, los miembros de la Comisión apresuraron sus preparativos. Entre estos estaba el reunir a los otros integrantes que los acompañarían en el viaje: los instrumentos. Telescopios, cronómetros, termómetros y demás instrumentos que requerían se encontraban dispersos en las diferentes instituciones mexicanas. Sin embargo, fue posible localizarlos y movilizarlos con rapidez debido a que los miembros de la Comisión habían sido profesores de la Escuela Especial de Ingenieros o del Colegio Militar, o habían trabajado en comisiones geográficas o eran empleados en el Ministerio de Fomento.

De la Escuela Especial de Ingenieros se solicitó un telescopio cenital y un cronómetro marino. Al Colegio Militar le pidieron un telescopio refractor y otro cronómetro marino, los cuales, al igual que los instrumentos de la Escuela de Ingenieros, eran utilizados por alumnos en su observatorio astronómico<sup>51</sup> para reforzar y poner en uso sus conocimientos de astronomía práctica. Un teodolito,

---

materiales de construcción, herramientas y sueldos de trabajadores (Alcérreca 1877, 66-74).

<sup>51</sup> El Colegio Militar también contaba con un observatorio astronómico, donde los alumnos complementaban sus estudios de cartografía de la misma manera en que lo hacían en el Colegio de Minería (Moreno 1986a; Moreno y de Lara Andrade 2004).

un barómetro y un telescopio cenital fueron pedidos al Ministerio de Fomento. Como este Ministerio tenía a su cargo las tareas geográficas, muchas veces en sus oficinas se resguardaban los instrumentos empleados por las distintas comisiones. Por último, estaban los termómetros, sextantes e higrómetros que Díaz Covarrubias recogió de otras partes.

Muchos de estos instrumentos habían sido utilizados con anterioridad por ingenieros para realizar tareas geográficas o por estudiantes en sus prácticas escolares.<sup>52</sup> Pero para observar y medir los tiempos de contacto del tránsito de Venus el contexto de uso de los instrumentos fue distinto, ya que fueron empleados para realizar una tarea astronómica en lugar de una geográfica.

Una vez que todos los integrantes estuvieron listos comenzó el viaje. Se dirigieron en tren a Veracruz, donde abordaron un barco hacia La Habana y cuando llegaron a este lugar abordaron otro barco, esta vez con destino a Filadelfia, Estados Unidos. Una vez en Filadelfia se trasladaron a San Francisco y subieron al barco *Vasco de Gama* que los llevó hasta Yokohama, Japón. Durante su estadía en el *Vasco de Gama*, que duró veinte días, Díaz Covarrubias diseñó los dos observatorios temporales que se construirían en Yokohama. Aunque no entra en detalle acerca de cómo fue que pensó en el diseño, supongo que se basó en los que instalaron en otras comisiones (como la Comisión del Valle de México). Además, es probable que contara con referencias de los construidos por comisiones extranjeras para estudiar fenómenos astronómicos. En la Figura 1 se puede apreciar los planos que dibujó para los dos observatorios temporales que se construyeron en Japón.

---

<sup>52</sup> Uno de los telescopios cenitales fue utilizado por la Comisión de Límites Mexicana (1849-1857) y por la Comisión del Valle de México (1856-1857).

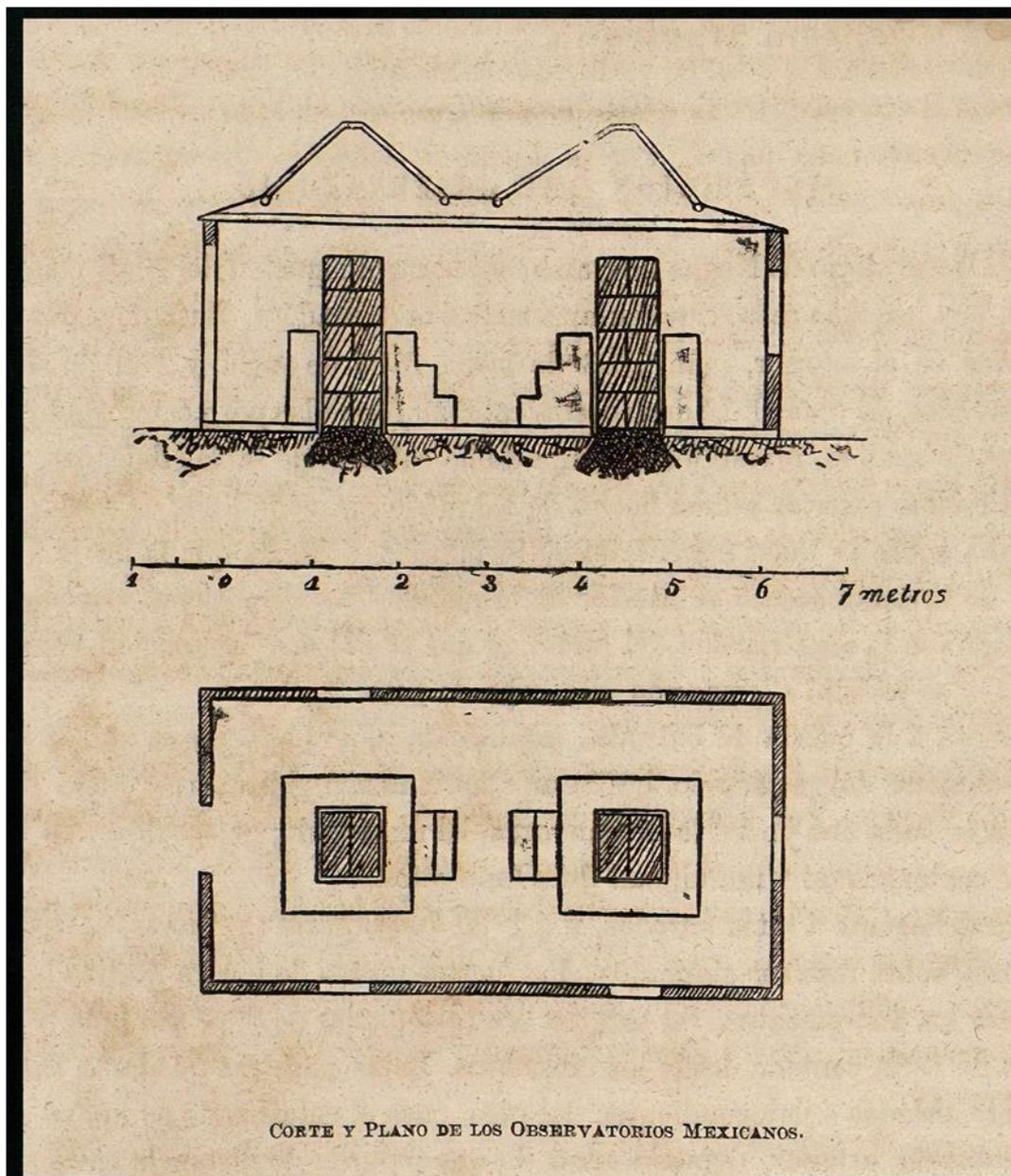


Figura 1: Plano de los observatorios construidos en las colinas Nogue-no-yama y Bluff, en Japón. Fuente: (Díaz Covarrubias 1876).

También ideó el “método mexicano”<sup>53</sup> para obtener la latitud geográfica. Según explica su autor tiene la ventaja de eliminar los errores de las medidas angulares verticales de la estrella, lo que vuelve la latitud un valor más preciso. El propósito de escribir este procedimiento fue doble: aplicarlo para determinar

<sup>53</sup> Para aplicar este método debe seleccionarse una estrella y a esta medir su azimut. Junto con el valor de la declinación (obtenida de tablas astronómicas) y mediante fórmulas matemáticas se obtiene el valor de la latitud. Para realizar la observación de la estrella puede utilizarse un altazimut porque permite medir ángulos horizontales, también se necesita de un cronómetro o de un péndulo astronómico para registrar la hora de la observación.

la latitud de los observatorios mexicanos y dar a conocer su trabajo ante astrónomos de otras comisiones que también fueron a Japón.

Después de aproximadamente dos meses de viaje, la Comisión llegó a Yokohama. En cuanto arribaron al puerto, Díaz Covarrubias comenzó todos los preparativos para empezar el montaje de los observatorios temporales. Junto a los demás ingenieros comenzó a recorrer el lugar con el fin de encontrar los lugares adecuados para construir los dos observatorios. Es importante mencionar que se necesitaron instalar dos observatorios porque el método que emplearon requería de observadores en dos lugares que midieran los tiempos de ingreso y egreso de Venus por el disco solar y la longitud geográfica de los dos lugares de observación. Terminada la inspección de la zona, se seleccionaron la colina Bluff (en Yokohama) y la colina Nogue-no-yama (en Kanagawa) para construir los observatorios mexicanos. A diferencia de los instalados en las expediciones geográficas, los cuales eran construidos con tiendas de campaña,<sup>54</sup> estos observatorios eran casas rectangulares de madera. En ellas se pusieron

dos fuertes postes de piedra destinados á sostener los instrumentos...Alrededor de cada pilastra...se construyó una plataforma de madera... [para que] quedase el observador en la posición conveniente para leer las graduaciones de los instrumentos rectificarlos y observar con comodidad. En la parte del techo correspondiente á cada poste, se dejó una abertura circular...que permitiesen hacer uso de los instrumentos en cualquier dirección (Díaz Covarrubias 1876, 325-326).

En el observatorio de Nogue-no-yama, se instalaron un altazimut, un telescopio cenital, un cronómetro marino, termómetros y barómetros (Figura 2). El primer instrumento se colocó en el poste oriental; el segundo se acomodó en el otro poste para que así los instrumentos tuvieran más estabilidad y las mediciones fueran precisas. El altazimut fue el instrumento que se empleó para observar el tránsito; mientras que con el telescopio cenital, al igual que se hacían en las expediciones geográficas, se hicieron las observaciones de las

---

<sup>54</sup> A pesar de que Díaz Covarrubias no menciona por qué se dio este cambio es factible suponer que se debe a las condiciones climáticas que prevalecían con la entrada del invierno y a que el periodo de estancia en Japón iba a ser más prolongado.

coordenadas del observatorio.<sup>55</sup> Con los cronómetros marinos, utilizados también en las comisiones geográficas por ser instrumentos de precisión y portátiles, se hicieron los registros de tiempos de las observaciones de estrellas para la latitud y longitud, así como de los contactos internos y externos de Venus por el disco solar. Por último, con los termómetros y barómetros se registraron la temperatura y la presión de cada día.

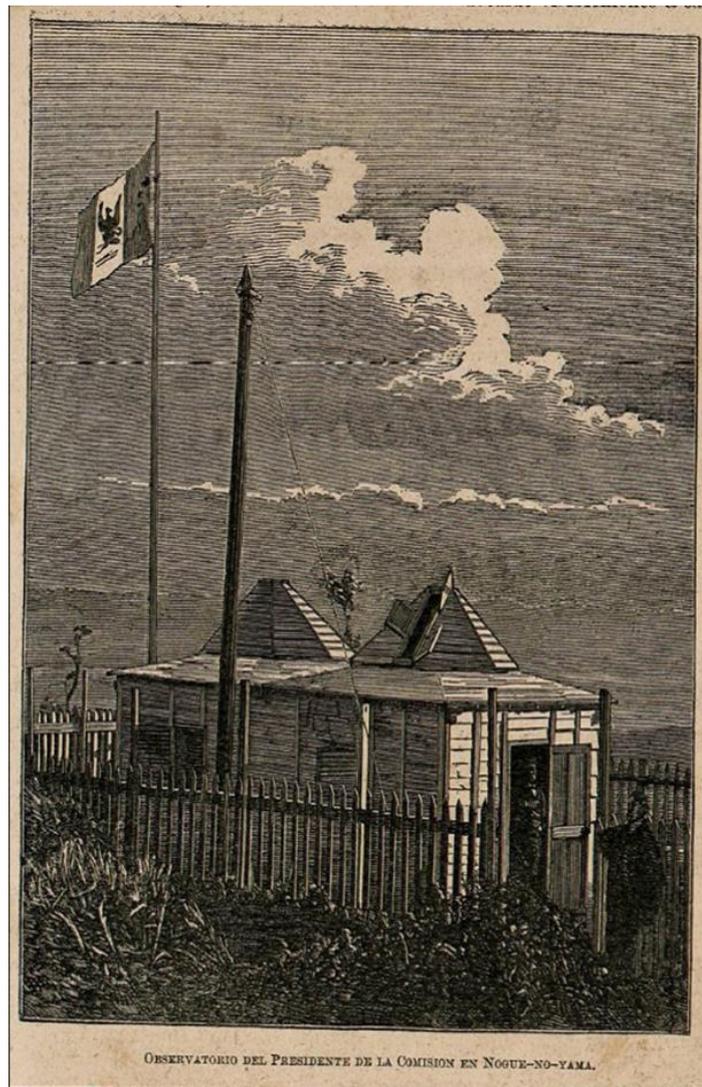


Figura 2: Observatorio temporal de Nogue-no-yama, donde estuvieron trabajando los ingenieros Francisco Díaz Covarrubias y Agustín Barroso. Fuente: (Díaz Covarrubias 1876).

---

<sup>55</sup> Para ello emplearon el método de Talcott y les fue útil el micrómetro del telescopio cenital, que por encontrarse acoplado al ocular permitía medir distancias cenitales.

En este observatorio trabajaron Díaz Covarrubias y Agustín Barroso. El primero se encargó –además de dirigir la expedición– de las observaciones y mediciones correspondientes al tránsito de Venus en Nogue-no-yama y de determinar las coordenadas geográficas de su observatorio. El segundo, por su parte, tomó las fotografías del tránsito. Para cumplir con esto, en la casa en la que se hospedaron –la cual estaba cerca del observatorio– acondicionó un cuarto como estudio fotográfico.

El instrumento que empleó para fotografiar el tránsito de Venus fue un telescopio refractor y una cámara oscura. Es importante mencionar que en su informe menciona que tuvo que hacer varias modificaciones. Reforzó el tubo del telescopio, pues temía que pudiera romperse por el peso de la cámara, una vez incorporada. También cambió el ocular por el del telescopio cenital, porque con el ocular original las imágenes no estaban lo suficientemente amplificadas. La obtención de las imágenes de este tránsito no fue sencilla,

el campo del telescopio era muy reducido, la imagen completa del sol apenas se conservaba en él unos cuantos segundos, de manera que desaparecía casi en su totalidad durante el intervalo de tiempo requerido para sustituir al vidrio apagado la placa sensible, descubrir está, destapar el antejo y correr el diafragma (Barroso 1876, 420).

Para asegurar el éxito y para acostumbrarse al uso de un nuevo instrumento, antes del tránsito Barroso realizó varias pruebas para tener la experiencia suficiente en el manejo de la cámara acoplada al telescopio. Así, con cada prueba veía qué debía o qué no debía hacer y cómo modificar su instrumento para obtener los resultados deseados. Este diálogo constante que se dio entre Barroso y el instrumento ejemplifica por un lado cómo las contingencias modifican no sólo las prácticas, sino también los instrumentos. Por otro lado, muestra la no pasividad de los instrumentos y lo dinámicas que son las prácticas científicas. A pesar de haber estandarizaciones en los procedimientos, las condiciones locales las modifican y esto hace que los científicos, ingenieros geógrafos en este caso, tengan que escuchar lo que los instrumentos dicen, a través de las pruebas, para asegurar el éxito de las mediciones (Pickering 2010,194-199).

Por problemas de salud, Bulnes pasó un tiempo en un hotel en la ciudad de Yokohama. Sin embargo, para el día del tránsito estuvo presente en el observatorio de Nogue-no-yama, como el cronista de la expedición. Es interesante notar que a esta comisión el gobierno le asignó un cronista, seguramente porque la comisión viajó al extranjero y era una oportunidad de estudiar otra cultura y sus condiciones de vida. Además, para el gobierno mexicano la participación de sus ingenieros en la medición de este fenómeno astronómico, podía ayudar para que México se incorporara al grupo de naciones modernas.

En el observatorio de la colina Bluff, al igual que en el de Nogue-no-yama, se instalaron un telescopio cenital, un altazimut, un cronómetro marino, barómetros y termómetros (Figura 3). El encargado de este observatorio fue Francisco Jiménez, quien realizó la medición de los tiempos de contacto del tránsito de Venus, la determinación de latitud y longitud de su observatorio y la verificación de la marcha del cronómetro. Por su parte Manuel Fernández auxilió a Jiménez con la toma de los tiempos de contacto y con el análisis de los datos. Además, se le encomendó la tarea de determinar la distancia entre los dos observatorios, entre estos y el Palacio de Gobierno de Kanagawa, y a petición del alemán Karl Struve entre los observatorios mexicanos y la legación de Rusia desde donde Struve observó el tránsito.

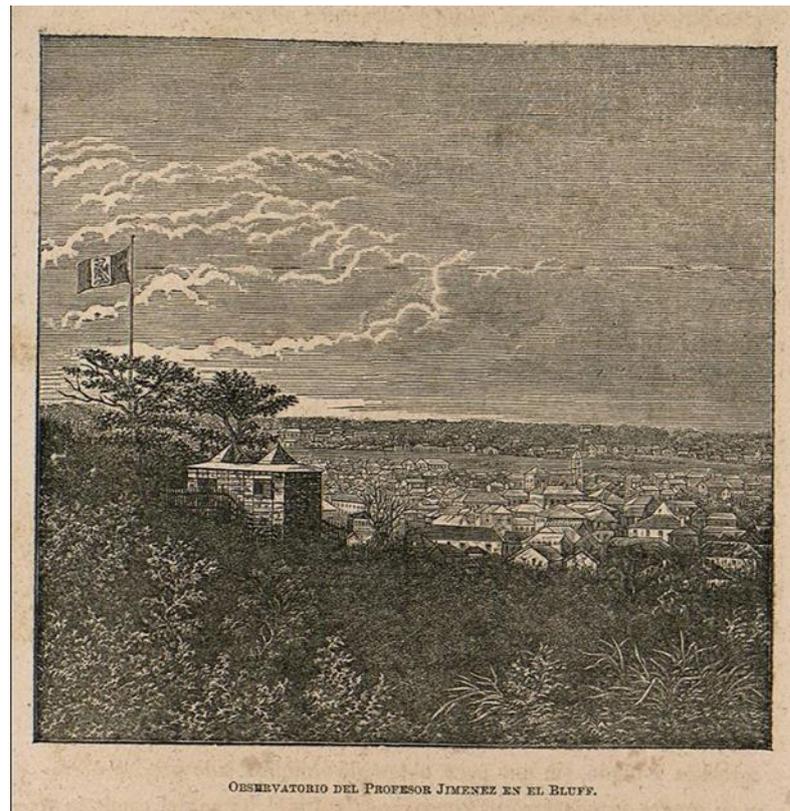


Figura 3: Observatorio de Bluff, en donde los ingenieros Francisco Jiménez y Manuel Fernández observaron y midieron los tiempos de contacto del tránsito de Venus el 9 de diciembre de 1874. Fuente: (Díaz Covarrubias 1876).

La Comisión Astronómica Mexicana no fue la única que se encontraba en Japón para observar el tránsito. También estuvieron las comisiones enviadas por Francia y Estados Unidos, con quien Díaz Covarrubias se puso en contacto. La primera estuvo a cargo de Jules Janssen y la segunda, de George Davidson. Con Jassen se comunicó por medio del telégrafo y trabajó con él para determinar la diferencia de longitudes entre el observatorio francés en Nagasaki y el mexicano en Nogue-no-yama. También se comunicó con los observatorios estadounidenses en Nagasaki y Tokio para determinar la diferencia de longitud entre estos tres observatorios. El motivo por el cual intercambiaron señales era que:

todos los astrónomos saben... [que] no es todavía posible contar con la exactitud absoluta de las tablas astronómicas relativas a la Luna; y como este es el astro por cuya observación se obtienen las longitudes geográficas, resulta que los pequeños errores de las tablas pueden producir otro bastante considerable en la longitud (Díaz Covarrubias 1876, 152).

Por esta razón además de utilizar las tablas lunares y las ocultaciones de estrellas por la Luna, se midió la diferencia de longitud entre observatorios mediante el método telegráfico. Gracias a la instalación por parte del gobierno japonés de líneas telegráficas fue posible que ingenieros y astrónomos intercambiaran señales, obtuvieran las diferencias de longitud y se mantuvieran comunicados. Es importante mencionar que los ingenieros mexicanos no eran ajenos al método telegráfico y sabían cómo emplearlo. Usualmente lo empleaban en escalas locales (en ciudades) porque la red telegráfica se encontraba en crecimiento (Mendoza 2014) y había lugares que no estaban conectados.<sup>56</sup>

A finales de noviembre, el gobierno japonés solicitó a Díaz Covarrubias que orientara al ingeniero hidrógrafo inglés Henry Scharbau sobre cómo llevar a cabo la medición de los tiempos de contactos del tránsito, pues había sido designado por el gobierno japonés para estudiar el tránsito de Venus. El ingeniero mexicano aceptó ayudar al ingeniero inglés. Le dio consejos y explicaciones acerca de las tareas que tenía que emprender para estudiar el fenómeno astronómico. Incluso fue a examinar los instrumentos con los que Scharbau contaba y le señaló aquellos que tendría que utilizar. Después de esta breve convivencia Díaz Covarrubias comenta que Scharbau era,

Muy hábil probablemente en su ramo así como en la geodesia, no era sin embargo astrónomo práctico... [en Europa] los geodesistas no son necesariamente astrónomos, aun cuando la geodesia y la astronomía sean dos ciencias cuya aplicación es indispensable al levantamiento de las cartas geográficas; y así es que la ejecución de este género de operaciones demanda por lo general el concurso de hombres científicos de distintas especialidades (Díaz Covarrubias 1876, 175-176).

Más adelante prosigue “[Scharbau] me manifestó al mismo tiempo con una franqueza que le honra, que nunca había tenido ocasión de ocuparse en la práctica y en los cálculos de las operaciones astronómicas” (Díaz Covarrubias 1876, 175-176). Me parece importante resaltar estos comentarios de Díaz Covarrubias porque dan una idea de lo que era ser ingeniero en México y en otros países. En Portugal, por ejemplo, los ingenieros hidrógrafos estudiaban

---

<sup>56</sup> Conforme la red fue creciendo las líneas telegráficas se encontraban en más lugares y los ingenieros pudieron emplear el método telegráfico con más frecuencia.

matemáticas, artillería, astronomía, topografía, entre otros, y hacían prácticas en el Observatorio Astronómico de Lisboa (Raposo 2013b). Scharbau sabía elaborar mapas y contaba con conocimiento en geodesia, pero no tenía bases en astronomía práctica que le ayudaran a llevar a cabo tareas de astronomía física. En cambio, los ingenieros mexicanos contaron con conocimiento en astronomía práctica lo que les facilitó trabajar como lo haría cualquier otro astrónomo.

Una de las razones por la cual el tránsito fue importante para la Comisión Astronómica Mexicana fue que ese día se probarían a sí mismos como astrónomos y se presentarían como tales ante la comunidad astronómica internacional. Desde antes de la formación de esta Comisión algunos ingenieros ya estaban empezando a considerarse como astrónomos. Díaz Covarrubias, por ejemplo, consideraba que los ingenieros geógrafos eran también astrónomos. En su libro *Nuevos métodos astronómicos...* hace mención de esto: “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” (Díaz Covarrubias 1867, VI). Y en su memoria del viaje a Japón (1876) cuando explica el método de observación empleado en el tránsito comenta que ese procedimiento había “sido adoptado...por todos los astrónomos mexicanos.” Sin embargo, no bastaba con que ellos mismos se llamaran astrónomos para que lo fueran. Tenían que demostrarlo y legitimarse ante diferentes públicos: el gobierno mexicano y otros astrónomos.

Por esta razón a pesar de que los instrumentos estaban listos y las observaciones preparatorias<sup>57</sup> hechas, los ingenieros no pudieron evitar sentirse

---

<sup>57</sup> Éstas consistían en determinar la latitud, la longitud y cerciorarse que los cronómetros marcharan bien (sin adelantos o atrasos). Para verificar la marcha de los cronómetros con el altazimut se empleó el método de pasos meridianos, es decir, se observaron tránsitos de estrellas a través de los cinco hilos de la retícula de este instrumento. Para la latitud tanto Jiménez como Díaz Covarrubias aplicaron métodos de astronomía práctica como lo hacían en sus trabajos geográficos en México. Dentro de los métodos que emplearon estaban distancias cenitales circunmeridianas de la estrella polar, distancias cenitales extra-meridianas de la misma estrella, el método de Talcott y el método mexicano. Por otro lado, para la longitud se utilizaron los métodos de culminaciones lunares, distancias cenitales de la Luna y alturas iguales de la Luna y estrellas (Díaz Covarrubias 1876).

nerviosos y preocupados el día del tránsito. Nada aseguraba el éxito de la observación; podría suceder que el cielo se nublara, ocasionando que no fuera visible el fenómeno. A diferencia de las observaciones con fines geográficas donde si una noche no podían realizar las observaciones, los ingenieros disponían del día o de la noche siguiente para hacerlo; en las expediciones para medir tránsitos u observar eclipses no había segundas oportunidades.

Cuando el día del tránsito llegó, el 9 de diciembre de 1974, –en sus respectivos observatorios– Díaz Covarrubias, Jiménez, Fernández y Barroso estuvieron muy atentos al primer contacto exterior porque necesitaban medir el tiempo del contacto con la mayor precisión posible. Para lograr esto Díaz Covarrubias decidió “eliminar el uso directo de los telescopios, reemplazándolo con el procedimiento debido a Mr. Quetelet y que introduce hace algunos años en mi país” (Díaz Covarrubias 1876, 211).<sup>58</sup> Cuando vio “una leve interrupción de línea circular que limitaba la imagen del sol” inmediatamente registró hora, minutos y segundos con ayuda del cronómetro marino. Y varios minutos después, observó y midió el primer contacto interior. Este contacto representó un reto, ya que se presenta un fenómeno conocido como *goutte noire* (gota negra) o ligamento.<sup>59</sup> Los integrantes de esta Comisión estaban conscientes de la aparición de este fenómeno y de cómo afectaba la observación del tránsito. Por esta razón, también incluyeron la hora, minutos y segundos en que el ligamento desaparecía o se formaba (dependiendo de si Venus estaba en la fase de ingreso o egreso por el disco solar).

Como había que esperar cerca de cinco horas para que ocurrieran los segundos contactos (uno interior y otro exterior) Díaz Covarrubias aprovechó ese tiempo para tomar medidas del diámetro aparente de Venus y para contestar

---

<sup>58</sup> Este método de observación, que también fue empleado en el segundo observatorio, consiste en proyectar en una hoja las imágenes que pasaban a través del telescopio del Sol y de Venus. Con esto se podía observar el tránsito sin cansar la vista. Además, permitía tener varios observadores que podían tomar sus propios datos para después compararlos o discutirlos.

<sup>59</sup> La presencia del ligamento no permite apreciar con claridad el momento exacto en que Venus se separa del borde del Sol porque se ve como si estuviera unido.

preguntas de su público.<sup>60</sup> Cuando el segundo contacto interno iba a comenzar pidió a su audiencia silencio. De nueva cuenta anotó hora, minutos y segundos en los que se registró la formación del ligamento correspondiente al egreso de Venus y al segundo contacto interior. Posteriormente, cuando el segundo contacto exterior se hizo presente, volvió a medir el tiempo. Con el registro de los tiempos de los contactos interiores y exteriores de Venus “había quedado definitivamente conseguido el principal objetivo de la expedición, y premiados nuestros esfuerzos con el éxito más completo” (Díaz Covarrubias 1876, 224).

La medición de los tiempos de los contactos no fue el único éxito de ese día, ya que Barroso logró tomar catorce fotografías (Figura 4). Para ello, este ingeniero puso en práctica toda la experiencia que adquirió en las pruebas que sacó en días anteriores. El uso de la fotografía fue una tecnología que enriqueció el trabajo astronómico de los ingenieros mexicanos, ya que les permitió incorporar nuevos métodos e instrumentos a su práctica astronómica.

En las comisiones geográficas no necesitaban tomar fotografías de fenómenos astronómicos,<sup>61</sup> ya que no era útil para su propósito: elaborar mapas y determinar coordenadas geográficas. Sin embargo, para la astronomía, en el siglo XIX, la fotografía fue una tecnología con la cual, algunos astrónomos –como Janssen, el encargado de la comisión francesa– buscaban la objetividad mecánica<sup>62</sup> (Porter 1995). Esperaban se pudiera eliminar la intervención del observador y los errores de observación asociados a éste. Como estaba a discusión la efectividad de la fotografía para lograr ese objetivo la comunidad astronómica decidió impulsar su uso durante el tránsito de 1874 y varias comisiones decidieron aplicarla. Janssen, por ejemplo, esperaba que al usar la

---

<sup>60</sup> Su público consistió de la prensa (extranjera y nacional), autoridades del gobierno japonés, otros astrónomos, damas inglesas y personas curiosas que fueron a ver el tránsito (Díaz Covarrubias 1876, 218-226).

<sup>61</sup> Aunque no tomaban fotografías astronómicas, no significa que no empleaban la fotografía. En las expediciones que realizaban utilizaban la fotografía para tener un registro visual de los monumentos que instalados sobre el terreno de trabajo. También para registrar los lugares de los cuales obtenían sus coordenadas geográficas.

<sup>62</sup> La objetividad mecánica busca reducir la intervención individual en las mediciones realizadas para que éstas no estén influenciadas, por ejemplo, por prejuicios del observador. De esta manera se espera tener medidas sin errores y exactas.

fotografía –en especial su método: “el revolver fotográfico”– se pudieran obtener los tiempos exactos de los contactos de Venus con el Sol y se resolvieran los problemas ocasionados por la aparición del ligamento (Canales 2002). Sin embargo, debido a que no se lograron estandarizar los instrumentos y métodos fotográficos, se obtuvieron resultados muy distintos haciendo imposible la comparación de resultados (Lankford 1984).

Díaz Covarrubias seguramente estaba informado de esta discusión gracias a su participación en las sociedades científicas y a la correspondencia que mantenía con astrónomos extranjeros. Así que decidió que la comisión mexicana, también debía obtener fotografías del tránsito para tener, al igual que las demás comisiones astronómicas, otra manera de estudiar los contactos.

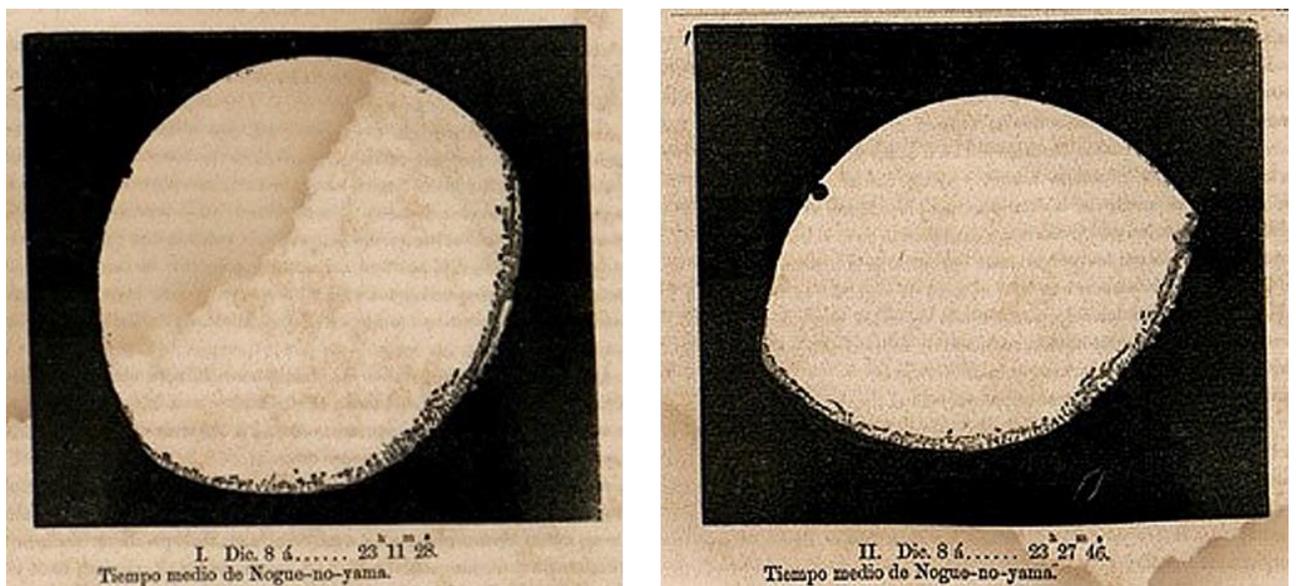


Figura 4: Imágenes de las fotografías tomadas del tránsito de Venus que Agustín Barroso presentó en su informe de trabajo. Fuente: (Díaz Covarrubias 1876).

Una vez que los tiempos de los contactos del tránsito fueron registrados, Manuel Fernández procedió a determinar con métodos topográficos la distancia entre los observatorios mexicanos para poder obtener la posición geográfica de cada uno. De esta manera se tendrían todos los datos necesarios para calcular la paralaje solar. Para esto, como usualmente se hacía en las tareas geográficas, marcó y midió la base que serviría para formar dos triángulos. Uno correspondiente al observatorio de Nogue-no-yama y el otro al observatorio de Bluff, y midió –con ayuda de los altazimuts y de un teodolito– los ángulos de los

triángulos formados. Con estos datos mediante operaciones trigonométricas se calcularon las siguientes distancias: entre los observatorios mexicanos, entre el Palacio del Gobierno de Kanagawa y los observatorios, y por último entre los observatorios mexicanos y la sede diplomática de Rusia. Con el término de estas tareas topográficas realizadas por Fernández Leal las labores de la Comisión en Japón llegaron a su fin.

## CAPÍTULO 2. OBSERVATORIOS FIJOS: EL SURGIMIENTO DE LOS ASTRÓNOMOS MEXICANOS, 1876-1899

### Introducción

La Comisión Astronómica Mexicana, a principios de 1875, terminó las observaciones astronómicas del tránsito de Venus, dando por finalizado su trabajo en Japón. Para el viaje de regreso a México, la ruta que decidieron seguir fue a través de los océanos hacia Europa. Eligieron este camino para poder publicar y dar a conocer los resultados preliminares de su estudio sobre el tránsito de Venus. En Francia, por ejemplo, mandaron imprimir un folleto con estos resultados y lo obsequiaron a la Sociedad Geográfica de París (Mendoza 2000).

Mientras se encontraban en este país llegó a manos de Díaz Covarrubias el nombramiento para formar parte de una nueva comisión mexicana, junto a Fernández Leal y el abogado José Yves Limantour.<sup>63</sup> Esta comisión asistió al Segundo Congreso Internacional de Ciencias Geográficas, que se celebró en París entre el 1 y 11 de agosto de 1875. Debían representar a México y a la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística ante la comunidad geográfica internacional.

Durante los días en los que se llevó a cabo este congreso, se deliberaron en las mesas de trabajo diversos temas geográficos. En estas mesas, Díaz Covarrubias y Fernández participaron, por ejemplo, sobre métodos de astronomía práctica para determinar posiciones geográficas, sobre la determinación de un meridiano cero para el cálculo de longitudes geográficas y acerca del uso del telégrafo para obtener longitudes.<sup>64</sup> Por su parte, Limantour

---

<sup>63</sup> El nombramiento llegó para los cinco integrantes de la Comisión Astronómica Mexicana, pero los ingenieros Bulnes, Jiménez y Barroso ya se encontraban viajando de regreso a México. Esto ocasionó que no pudieran asistir al Congreso Internacional de Ciencias Geográficas (Limantour 1878).

<sup>64</sup> Francisco Díaz Covarrubias sostuvo una discusión con el Sr. Billarceu, astrónomo del Observatorio de París, sobre la superioridad de los métodos de astronomía práctica sobre los métodos geodésicos para la obtención de posiciones geográficas. Yves Limantour señala en su *Noticia sobre el Congreso Internacional de Ciencias Geográficas* (1878) que la exposición de Díaz Covarrubias dejó “bastante impresión entre los astrónomos y geodestas del grupo, algunos de los cuales interpellaron al célebre Mr. Otto Struve [director del Observatorio de Pulkovo] para que manifestara su opinión” (Limantour 1878).

discutió sobre temas de geografía política como emigración, inmigración y colonización. También comentó que la intervención de la comisión mexicana fue satisfactoria, en especial la participación de Díaz Covarrubias. Este ingeniero geógrafo fue nombrado miembro de la Sociedad Internacional de Astronomía<sup>65</sup> y fue invitado –junto con Fernández y Limantour– a sesiones de la Sociedad de Geografía de París, donde le agradecieron el ejemplar de su “método mexicano” y el folleto, que obsequió a la Sociedad, de los resultados preliminares de la Comisión Astronómica Mexicana.

La participación de Díaz Covarrubias en este Congreso le permitió entrar en contacto con otros ingenieros y astrónomos, con los cuales discutió sobre temas de astronomía práctica. Mostró sus conocimientos y su dominio sobre estos temas ante miembros de la comunidad geográfica y miembros de la comunidad astronómica (donde se encontraba Otto Struve, director del Observatorio de Pulkovo). De esta forma se presentó como astrónomo ante otros miembros de esa comunidad. Una vez terminado el Segundo Congreso Internacional de Ciencias Geográficas, los miembros de la Comisión regresaron a México a finales de 1875.

Un año después, tras la lucha interna por la presidencia de México, Sebastián Lerdo de Tejada y sus partidarios fueron derrotados y el general Porfirio Díaz fue electo como nuevo presidente. Esto ocasionó que Díaz Covarrubias perdiera su puesto en el Ministerio de Fomento, debido a su afiliación política con el ex presidente Lerdo de Tejada. En general, este nuevo gobierno trajo consigo cambios económicos, administrativos y sociales para México y sus habitantes. Empezó una época de paz, pues las luchas con otros países, así como las pugnas internas llegaron a su fin (Guerra 1998). También comenzó un periodo de crecimiento económico; gracias a la inversión extranjera

---

<sup>65</sup> Me parece importante señalar que la sociedad a la que Limantour se refiere no es la International Astronomical Union (IAU). Aunque comparten nombre son dos sociedades distintas, ya que la IAU fue creada en 1919.

y al impulso del gobierno federal crecieron las líneas de ferrocarril<sup>66</sup> y la red telegráfica.

Además, el gobierno de Porfirio Díaz estaba interesado en apoyar la educación y la ciencia, ya que eran consideradas medios para modernizar a México. La ciencia formó parte del progreso en el siglo XIX (Azuela 1996, Tenorio 1998) porque en la política porfiriana “los métodos de la ciencia podían aplicarse a los fines prácticos del desarrollo económico, la regeneración social y la unidad política” (Hale 1991 citado en Blanco y Moncada 2011). Las escuelas y las sociedades científicas se vieron beneficiadas.<sup>67</sup> Aquellos establecimientos que ya existían recibieron apoyo, y se crearon nuevas instituciones, como fue el caso de los observatorios nacionales. Es importante mencionar que a estos observatorios a diferencia de los observatorios temporales de las comisiones geográficas se les asignó un lugar fijo y exclusivo para que realizaran sus labores.

Al inicio de la presidencia de Díaz, se fundaron tres observatorios nacionales: el OAN, el OAC y el Observatorio Meteorológico Central (OMC). Cada uno tuvo objetivos, sedes y tareas distintas; sin embargo, estuvieron conectados entre sí, ya que compartieron personal, prácticas y algunos instrumentos. El OAC y el OAN al principio tuvieron una conexión bastante fuerte porque sus directores se conocían, los instrumentos que había en ambos observatorios provenían de la Secretaría de Fomento, de escuelas y de las distintas comisiones geográficas que se formaron, y las prácticas astronómicas eran similares (astronomía de posición). Pero con el paso del tiempo esta conexión empezó a debilitarse porque el OAN comenzó a adquirir nuevos instrumentos y a adoptar prácticas de la astronomía física.

---

<sup>66</sup> Cuando Porfirio Díaz llegó al poder, ya había 640 kilómetros de líneas de ferrocarril, que habían sido construidas cuando Benito Juárez era presidente. Para 1885 aumentó a 5852 kilómetros y para 1898 a 12172 kilómetros (Guerra 1998, 326).

<sup>67</sup> Se asignó dinero para ampliar los salones de la Escuela Nacional Preparatoria, así como los gabinetes de física y química (Cortés 2007, 337). Los estudios de ingeniería fueron promovidos por el gobierno de Díaz, se ofrecían becas y algunos alumnos fueron enviados al extranjero a perfeccionar sus conocimientos (Bazant 1984, 254-255). Las sociedades científicas, por ejemplo, la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística se fortaleció y creció (Azuela 1996).

Así como el Observatorio de París y el Observatorio de Pulkovo fueron fundados para ayudar a la administración pública y como símbolo de prestigio nacional (Werrett 2010), la creación de los observatorios nacionales mexicanos siguió una línea similar. Su fundación en México respondió, por un lado, al cabildeo de los ingenieros con los distintos gobiernos mexicanos para realizar proyectos astronómicos, entre ellos la creación de un observatorio astronómico.<sup>68</sup> Por otro lado, la creación de estas instituciones respondió a una necesidad nacional, así como sucedió con otros observatorios de principios del siglo XIX (Dick 1990). En el caso del Observatorio Astronómico Central la necesidad nacional (del gobierno) era pragmática, es decir, se requería de un observatorio útil para la geografía, de una institución que trabajara en conjunto con las comisiones geográficas para obtener mapas y posiciones geográficas. Es importante mencionar que también tuvo un significado simbólico, ya que fue una forma de mostrar que México era un país moderno. Por su parte, el Observatorio Astronómico Nacional tuvo una necesidad práctica y una función simbólica, pues el contar con “observatorios astronómicos especiales, era para México, una necesidad científica y de dignidad nacional; hoy no hay ni un solo país que marche por la vía de la civilización, que no dedique una parte de sus rentas... [a] esos centros científicos” (Jiménez y Anguiano 1877).

Este segundo capítulo aborda dos observatorios nacionales: el Observatorio Astronómico Central (OAC) y el Observatorio Astronómico Nacional (OAN), durante el periodo de 1876 a 1893 para el primero y de 1876 a 1899 para el segundo. Se optó por estos observatorios porque en ellos los ingenieros observaron, midieron, calcularon, realizaron prácticas astronómicas; fue en estos “espacios de conocimiento” (Aubin, Bigg, Sibum 2010, 7) donde algunos ingenieros geógrafos se transformaron en astrónomos y otros continuaron su camino como ingenieros. El estudio de estos dos observatorios mexicanos brindará la oportunidad de tener distintas imágenes que representan diferentes momentos de la vida de estos establecimientos durante el periodo 1876-1899 y cada una de ellas cambia con respecto a la anterior. De esta manera tenemos una secuencia de imágenes en progresión. Al ponerlas y

---

<sup>68</sup> Ver nota 41 de este trabajo sobre la breve vida del Observatorio Nacional de 1862-1863, creado por el ingeniero geógrafo Francisco Díaz Covarrubias.

mirarlas juntas se podrá apreciar el proceso de transformación de algunos ingenieros geógrafos en astrónomos, a través del estudio de los instrumentos y prácticas astronómicas de los observatorios estudiados.

En la sección 2.1, enfocada en el Observatorio Astronómico Central, se verá además del contexto en el cual se fundó el OAC, los diferentes instrumentos, prácticas y tareas que se llevaron a cabo en este espacio durante la dirección de tres ingenieros. Por su parte la sección 2.2, dedicada al Observatorio Astronómico Nacional, mostrará a través de sus subsecciones el proceso de transformación de algunos ingenieros geógrafos en astrónomos. En esta parte gracias a los diferentes momentos estudiados será posible visualizar el surgimiento de una nueva figura profesional en México: el astrónomo.

## **2.1 Un observatorio para la geografía: el Observatorio Astronómico Central**

Durante el último cuarto del siglo XIX, la geografía continuó siendo esencial para el gobierno mexicano; los mapas mantuvieron su importancia para la administración pública del país. México contaba con mapas y posiciones geográficas de diferentes ciudades y regiones, pero “la anarquía que se advierte en toda esta colección [de mapas] sobre las especies adoptadas de proyección, escalas, signos, tipos, caracteres, etc., hacen en extremo difícil su comparación” (Díaz 1877, 476). Además, los nombres de los poblados variaban en cada plano, los mapas eran sólo de zonas transitadas dejando de lado otros lugares, y muchas posiciones geográficas no traían consigo el procedimiento y los datos que respaldaban los valores obtenidos. Estos y otros inconvenientes fueron señalados por el ingeniero topógrafo Agustín Díaz en su informe de 1877, para el Ministerio de Fomento, sobre el estado de la cartografía. Con el fin de poner orden a la “anarquía” que señalaba Díaz y de generar una carta geográfica general de México se formó la Comisión Cartográfica.<sup>69</sup> Este proyecto requirió

---

<sup>69</sup> La Comisión Cartográfica fue un proyecto elaborado por Agustín Díaz. Este ingeniero expuso sus ideas al Ministro de Fomento, Vicente Riva Palacio, de quien logró obtener apoyo para que el gobierno aprobara la formación de esta comisión. La Comisión Cartográfica inició sus labores en 1877. Sin embargo, una de sus secciones: la Comisión Geográfica Exploradora, rebasó el trabajo de toda la Comisión, ocasionando que se independizará de ésta. Debido a esto, en 1878 surgió la Comisión Geográfica Exploradora que pasó a ocupar el lugar de la Comisión Cartográfica (García 1975).

del apoyo no sólo de los ingenieros y del Ministerio de Fomento, sino también del recién creado Observatorio Astronómico Central (OAC).

Este observatorio nacional fue fundado pensando en tener un “centro de operaciones”.<sup>70</sup> Pero en la práctica fungió más bien como un “centro de cálculo” (Latour 1992),<sup>71</sup> pues a esta institución llegaban copias de las señales telegráficas intercambiadas con las comisiones geográficas, y los datos, los cuales eran empleados para calcular longitudes geográficas, se guardaban por si en un futuro eran requeridos. También enviaba a las comisiones con las que trabajaban, copia de los datos registrados en el Observatorio, manteniendo así un constante intercambio y circulación de información. Funcionando como “centro de cálculo” el OAC estuvo en comunicación con diversas comisiones y con el OAN, formando una red que permitió auxiliar a las expediciones geográficas para determinar posiciones geográficas.

En la *Memoria sobre el establecimiento del Observatorio Astronómico Central (1877)* su primer director el ingeniero geógrafo Francisco Jiménez señala que “El objeto principal del Observatorio Central es el adelanto de nuestra naciente geografía: la formación de una carta exacta del país á [sic] cargo de la sección especial de Cartografía” (Jiménez y Anguiano 1877). Este objetivo, a pesar de los varios años transcurridos de vida del OAC no desapareció. La revisión de los informes de trabajo de 1877 a 1893 muestra que las tareas del observatorio con diversas comisiones geográficas siempre estuvieron presentes. En un borrador de un informe de alrededor de 1891 se puede apreciar la vigencia e importancia que tuvo este propósito, ya que “[e]s un Observatorio pequeño que se ocupa exclusivamente de trabajos de utilidad inmediata y esencialmente

---

<sup>70</sup> Esto se puede notar de manera más clara en una circular emitida por el Ministerio de Fomento, en 1877, en la cual se menciona que “el Observatorio Astronómico del Palacio Nacional, que, relacionado con la Sección de Cartografía, ha de servir como punto central de operaciones”. Esta circular se puede encontrar en la *Memoria presentada al Congreso de la Unión por el Secretario de Estado y del despacho de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana. Corresponde al año transcurrido de Diciembre de 1876 a Noviembre de 1877*. pp.479.

<sup>71</sup> El término “centro de cálculo” es del sociólogo Bruno Latour (1992). Un centro de cálculo es un lugar, por ejemplo, un laboratorio o un observatorio, donde se realizan cálculos y donde inician y terminan los ciclos de acumulación (de información).

práctica; pues consiste en auxiliar los trabajos de las Comisiones del Gobierno”.<sup>72</sup>

La colaboración del OAC con las distintas comisiones geográficas no hubiera sido posible si este observatorio no hubiera contado con un espacio fijo, con instrumentos y con ingenieros con los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para realizar sus labores geográficas. Para trabajar se le asignó un lugar en la azotea de Palacio Nacional, que se acondicionó para instalar los instrumentos. Gracias a la *Memoria sobre el establecimiento del Observatorio Astronómico Central (1877)* sabemos que este observatorio estaba dividido en habitaciones y contaba con dos plantas (baja y alta). En las Figuras 5 y 6 se aprecia una vista del Observatorio Astronómico Central y su plano de construcción.



Figura 5: Fotografía de una vista del Observatorio Astronómico Central, ubicado en la azotea de Palacio Nacional. Se puede apreciar la cúpula perteneciente al altazimut del Observatorio. Fuente: Memoria sobre el establecimiento del Observatorio Astronómico Central.

---

<sup>72</sup> Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM), Fondo Observatorio Astronómico Nacional (FOAN), Sección: Administración, Subsección: Correspondencia, Caja: 138, Exp.: 959.

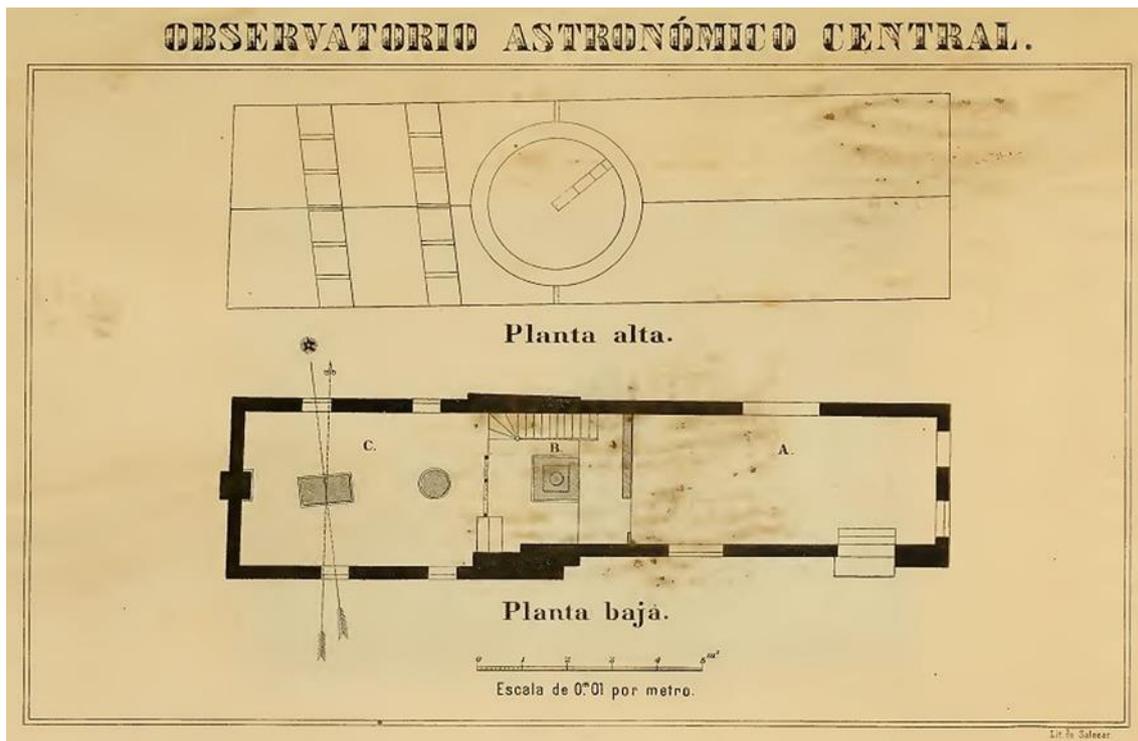


Figura 6: Plano de construcción del Observatorio Astronómico Central. En la planta baja se pueden ver las habitaciones en las cuales estaba dividido el Observatorio. Fuente: Memoria sobre el establecimiento del Observatorio Astronómico Central (1877).

La sala A era el salón de cálculos y de recepción. En esta habitación había un telescopio<sup>73</sup> y un círculo repetidor. El círculo repetidor servía como teodolito, por lo que se utilizaba en trabajos topográficos para tomar medidas de ángulos. Este instrumento era ideal para el trabajo de campo de las expediciones porque era portátil. Por esto, es razonable suponer que este instrumento no fue empleado solamente en el Observatorio, sino que salió a expediciones.

En esta sala también había una pequeña biblioteca que contenía diversas obras sobre matemáticas y astronomía práctica; tenía memorias de trabajo de las comisiones geográficas mexicanas y anales del Observatorio de París. Estos trabajos seguramente fueron utilizados por los ingenieros del Observatorio y por los estudiantes de la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI) que iban en calidad de practicantes. Con el paso de los años la circulación del conocimiento escrito continuó y nuevas obras se fueron añadiendo a la colección, producto de

<sup>73</sup> En las memorias revisadas no hay información acerca de este telescopio. Quizá se trataba de un telescopio cenital, ya que este tipo de instrumentos normalmente eran empleados por los ingenieros geógrafos.

compras y de intercambios con otras instituciones.<sup>74</sup> Por ejemplo, cuando el OAN publicó su memoria en 1880, un ejemplar fue obsequiado al OAC.

En la sala B, el altazimut era el principal instrumento. Este telescopio se encontraba en la Escuela Nacional de Ingenieros (ENI) donde los alumnos lo utilizaban en sus prácticas astronómicas. Cuando el OAC fue puesto en funcionamiento, el altazimut pasó a manos del observatorio. Es probable que fuera empleado para la determinación de posiciones geográficas, ya que ese uso era el que normalmente se le daba a ese tipo de instrumentos en las expediciones geográficas. Además, probablemente los alumnos de la ENI siguieron utilizándolo para realizar sus prácticas de astronomía práctica.

Por último, en la sala C, llamada del meridiano, se encontraba el anteojo de tránsito o círculo meridiano, un péndulo de segundos, un telescopio cenital, un péndulo astronómico y un cronógrafo. En la Figura 7 se aprecia al anteojo de tránsito –fijado a una base de concreto para asegurar su estabilidad– acompañado del péndulo astronómico y el cronógrafo. Esta configuración servía para determinar la hora por medio del tránsito de estrellas. Empero, no fue la única forma en que los instrumentos trabajaron con otros instrumentos (Taub, 2009). Por ejemplo, para usar el método telegráfico para determinar longitudes, el cronógrafo y el péndulo astronómico se conectaron eléctricamente al telégrafo para enviar y recibir señales. Estas conexiones al inicio eran pocas, pero conforme los años fueron transcurriendo se instalaron nuevas conexiones,<sup>75</sup> ya

---

<sup>74</sup> En el Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM), Fondo Observatorio Astronómico Nacional (FOAN), Sección: Administración, Subsección: Finanzas, Caja: 157, Exp.: 1085 hay un documento con una lista de libros que fueron comprados para la biblioteca del OAC.

<sup>75</sup> En el Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM), Fondo Observatorio Astronómico Nacional (FOAN), Sección: Administración, Subsección: Informes, Caja: 133, Exp. 916, hay diagramas de las conexiones eléctricas del OAC de los años 1883, 1885 y 1886. En estos diagramas se aprecia el cambio y la adición de nuevas conexiones. Por ejemplo, en 1883 el altazimut, el telescopio cenital y el anteojo de pasos estaban conectados (por líneas independientes) al cronógrafo. Este a su vez estaba en conexión con el péndulo astronómico. El telégrafo por su parte tenía conexión con el cronógrafo, la línea telegráfica federal y el OAN. Para 1886, se aprecia cómo además de estas conexiones se incluyen las pertenecientes al teléfono, la línea del ferrocarril a Jalisco y una línea llamada “del comercio” que posiblemente conectara con algún puerto o alguna estación de ferrocarril específica.

que el ferrocarril y la red telegráfica crecieron (Mendoza 2014). Por su parte, el telescopio cenital <sup>76</sup> seguramente se empleó para determinar posiciones geográficas, ya que los ingenieros geógrafos de la Comisión de Límites con Estados Unidos, la Comisión del Valle de México y la Comisión Astronómica Mexicana lo utilizaron para determinar posiciones geográficas, en específico para las latitudes.

El Observatorio también contaba con cronómetros marinos, un metro patrón, barómetros, termómetros y brújulas. Todos estos instrumentos eran empleados para realizar tareas geográficas. Debido a la importancia de contar con medidas estandarizadas el metro sirvió como una referencia de longitud para que los ingenieros compararan sus reglas o cadenas con las cuales hacían mediciones. Los cronómetros marinos por su parte sirvieron para que ingenieros de otras comisiones compararan los cronómetros que viajaban con ellos en las expediciones. De esta manera tuvieron instrumentos, medidas y prácticas estandarizadas que no sólo les facilitó su trabajo, sino que ayudó a que se insertaran en la comunidad nacional e internacional al tener conocimiento (resultados) que pudiera movilizarse a otros lugares para ser revisado y utilizado.

Además, con el paso de los años se adquirieron nuevos instrumentos que los ayudaron con las tareas geográficas ahí realizadas. Se sabe que se compró un comparador de medidas (1877), un “gonio’stathmómetro” (1878) y un omnímetro (1882).<sup>77</sup> En las Figuras 7 y 8 se aprecia el omnímetro y el “gonio’stathmómetro”.

---

<sup>76</sup> Este telescopio tiene una trayectoria interesante, por los diferentes lugares y manos en los que estuvo. Se adquirió para la Comisión de Límites con EU (1849-1857), donde junto con diversos instrumentos estuvo viajando en el norte del país para establecer posiciones geográficas y la frontera México-EU. Posteriormente fue empleado en la Comisión del Valle de México (1856-1857), también para determinar posiciones geográficas. Estuvo en el primer intento de observatorio nacional (1862-1863); luego viajó a Japón para observar el tránsito de Venus (1874-1875). Finalmente, en 1877 fue puesto en manos del OAC para su uso.

<sup>77</sup> En 1877 se encargó un comparador de medidas, este instrumento sirvió para comparar entre sí instrumentos de medidas de longitud. Se podían comparar, por ejemplo, el metro patrón del Observatorio con el metro o cadena empleado en alguna comisión geográfica. Al siguiente año, se encargó la construcción del “gonio’stathmómetro” para medir el valor de las divisiones de niveles. Este instrumento se basó en uno que tenía en Pulkovo, lo cual deja ver la influencia de otros observatorios

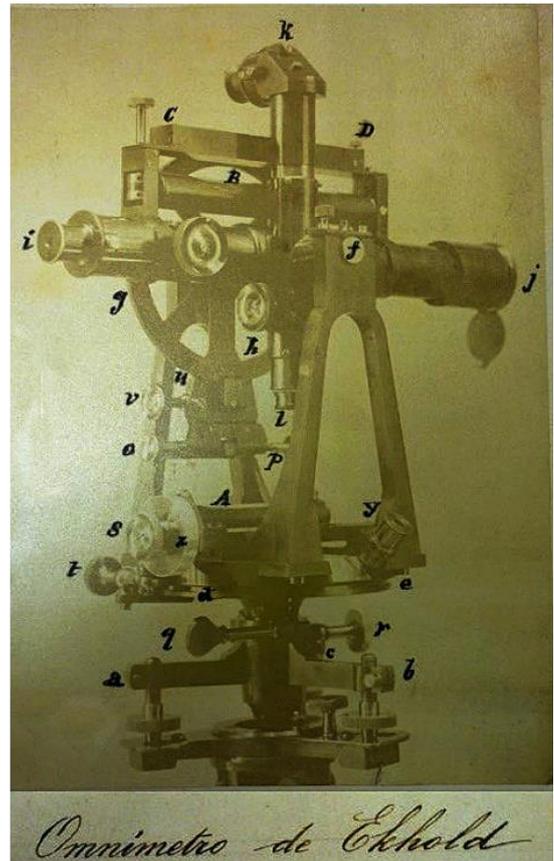


Figura 7: En la fotografía de la izquierda se puede ver el anteojo meridiano, atrás se encuentra el péndulo astronómico que marcaba tiempo sidereal y que estaba conectado al cronógrafo. Fuente: Memoria del establecimiento del Observatorio Astronómico Central (1877). En la fotografía de la derecha está el omnímetro que fue adquirido para el Observatorio Astronómico Central en 1882. Fuente: FOAN.<sup>78</sup>

---

astronómicos en el OAC. El omnímetro se adquirió en 1882 y servía para tomar medidas de longitud y diferencia de nivel. El director del OAC, el ingeniero geógrafo Leandro Fernández, en un informe de trabajo (FOAN, Sección: Administración, Subsección: Informes, Caja: 133, Exp.: 913) explica que el omnímetro era un instrumento muy parecido a un tránsito. Por esta razón, podemos suponer que también sirvió para realizar mediciones de posiciones geográficas o para hacer observaciones astronómicas relativas a la obtención de la hora, ya que los tránsitos se ocupaban para ese tipo de tareas. Gracias al tripie con el que contaba es posible que este instrumento fuera prestado para salir en comisión junto con los ingenieros.

<sup>78</sup> Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM), Fondo Observatorio Astronómico Nacional (FOAN), Sección: Administración, Subsección: Informes, Caja: 133, Exp.: 913.

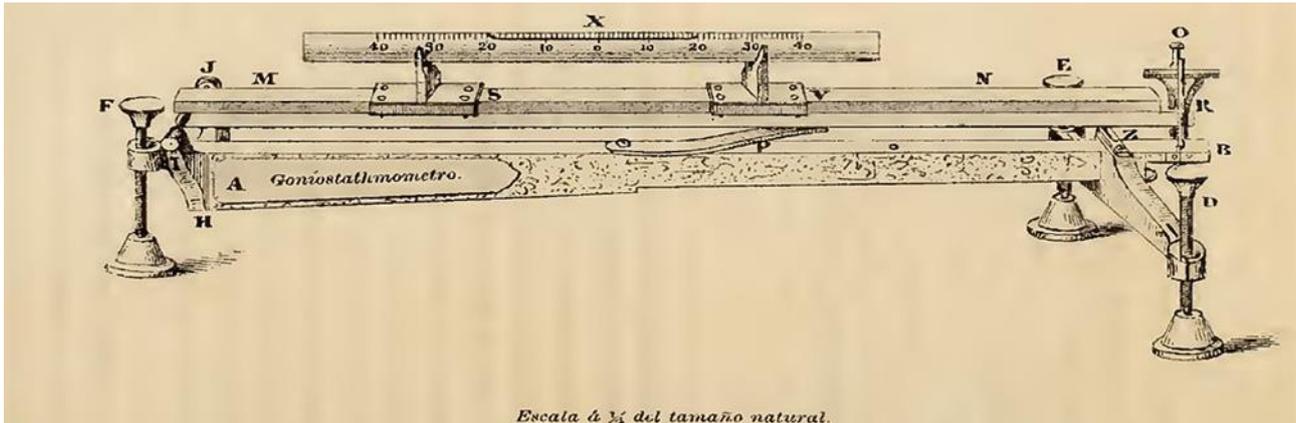


Figura 8: Dibujo del “gonio’stathmómetro” adquirido en 1878 para el OAC. Fuente: Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tomo IV (1881).

### 2.1.1 Las prácticas astronómicas del Observatorio Astronómico Central

La revisión de los informes de trabajo del OAC en el periodo de 1876-1893 permite ver cómo se desarrollaron sus tareas al hacer una reconstrucción de las prácticas astronómicas realizadas en esa institución. Los informes de 1877 a 1881, permiten generar una idea del funcionamiento del OAC cuando Francisco Jiménez<sup>79</sup> estuvo a cargo del establecimiento. En su primer año de vida, el OAC (1877) inició actividades siguiendo uno de los objetivos para el cual fue fundado: auxiliar a las comisiones geográficas. Aprovechando que había líneas telegráficas entre el OAC y Toluca, Francisco Jiménez intercambió señales con el ingeniero Agustín Díaz, jefe de la Comisión Cartográfica, para determinar la longitud geográfica de esa ciudad. También intercambió señales con el director del OAN, el ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano que estuvo trabajando, en comisiones geográficas, en diferentes lugares de México<sup>80</sup> (Jiménez y Anguiano 1877). Gracias a la cuantificación de las señales telegráficas intercambiadas se tenía conocimiento que era fácil de movilizar –enviando

<sup>79</sup> Francisco Jiménez fue el primer director del OAC. Dirigió este Observatorio desde 1876 hasta su muerte en 1881.

<sup>80</sup> Ángel Anguiano fue asignado a dos comisiones. En la primera junto con el ingeniero Luis Salazar, fueron a Apam (Hidalgo) para observar estrellas (en la memoria no dice para qué o cuál era el objetivo de esto). En la segunda fue junto con el ingeniero Mariano Bárcena, director del Observatorio Meteorológico Central, a Querétaro, San Luis Potosí y otros lugares a un reconocimiento geológico. En ambos casos aprovecharon para realizar el intercambio de señales telegráficas y determinar la longitud de los lugares que visitaron (Jiménez y Anguiano 1877).

copias de los datos a las comisiones– y conservar –guardando un duplicado de los datos registrados en el Observatorio.

El trabajo con las comisiones geográficas siguió presente durante los siguientes años. En 1880, por ejemplo, el ingeniero geógrafo José Salazar Ilarregui,<sup>81</sup> encargado de la Comisión de Límites con Guatemala, solicitó al OAN y al OAC datos de las culminaciones de estrellas comparadas con la Luna de distintos meses de 1878 a 1880 (Jiménez 1881, 335). Necesitaba estos datos para poder calcular la longitud de diferentes lugares de la frontera entre México y Guatemala. Se calculó la longitud de esa manera porque en esos años no había una línea telegráfica que conectara a los observatorios con los lugares donde la comisión se encontraba. A pesar de que el telégrafo era una tecnología poderosa para comunicarse y para determinar la longitud, en ese momento la red telegráfica todavía estaba en crecimiento y aunque algunos lugares estaban conectados, había otros que todavía no.

El trabajo con las comisiones geográficas no fue la única tarea realizada, aunque sí una de las más importantes. Este establecimiento “tiene otro objeto importante: dar lecciones prácticas de todas las observaciones astronómicas y formar personal de calculadores y observadores que deban prestar su servicios en el Observatorio Nacional de Chapultepec” (Jiménez y Anguiano 1877, 497). El OAC participó en la formación de ingenieros, sus instalaciones e instrumentos eran usados por alumnos del ENI para realizar prácticas de astronomía de posición.

Por ejemplo, en 1878 y en 1880 se observaron un tránsito de Mercurio por el disco solar y un eclipse parcial de sol, respectivamente. Francisco Jiménez sabía y reconocía la importancia astronómica de estudiar estos fenómenos. En la *Memoria de los Trabajos practicados de enero de 1878 a 1880 del Observatorio Astronómico Central* (1881) comenta que el estudio de los tránsitos de Mercurio servía para entender mejor la órbita de este planeta, mientras que observar los eclipses, permitían estudiar la atmósfera solar. Para el OAC el

---

<sup>81</sup> Este ingeniero antes de graduarse como ingeniero geógrafo obtuvo los títulos de ingeniero agrimensor y de ensayador de metales. Formó parte de la Comisión de Límites de Estados Unidos. En 1863, fue director interno del Colegio de Minería y subsecretario de Fomento (Moncada *et al* 1999).

interés de observar y medir estos fenómenos era porque “establecida una clase práctica astronómica, los alumnos dedicados á ella podrían adquirir la experiencia de esta clase de fenómenos...que deben aprovecharse para prepararse al próximo tránsito de Venus [de 1882]” (Jiménez 1881, 354).

En la astronomía, así como en cualquier otra ciencia, en el uso de instrumentos, el conocimiento tácito (Collins 2001) juega un papel muy importante. Este conocimiento trata una dimensión de la ciencia que no se puede plasmar de manera escrita u oral. Sin embargo, siempre está presente y nos habla de un trabajo invisible, oculto o tras escena que forma parte de las prácticas científicas y por supuesto del manejo de instrumentos. Para aprender a utilizar instrumentos no basta estudiar teoría, tampoco leer y seguir instrucciones; los científicos necesitan interactuar con los instrumentos, manejarlos y emplearlos para aprender cómo funcionan. Por esta razón los astrónomos o en este caso los ingenieros debían realizar prácticas con ellos para aprender a utilizarlos y como Jiménez menciona ganar experiencia.

En el OAC se instruía a sus practicantes en el uso de instrumentos (telescopios y cronómetros marinos) y métodos (de observación directa y proyectivos) para observar y medir fenómenos astronómicos. De esta manera los ingenieros se preparaban para realizar prácticas de astronomía de posición y de astronomía física. Más aún, en el OAC estaban preparando a los ingenieros que observarían el tránsito de Venus de 1882, el cual sería visible desde México (Jiménez citado en Moreno 2010, 163). Por esta razón cuando observaron el tránsito de Mercurio pusieron especial atención en la medición de los tiempos de los contactos de este planeta con el Sol, ya que esta parte era bastante complicada y debía de hacerse con la mayor precisión posible. Además, la fotografía, como lo habían hecho los ingenieros que fueron a Japón en 1874, también fue incluida, y el ingeniero Ignacio Molina fue quien se encargó de esta tarea (Jiménez 1881, 331). En la Figura 9 se puede apreciar un dibujo del trayecto de Mercurio por el Sol y una copia litografiada de una fotografía del eclipse parcial de sol.

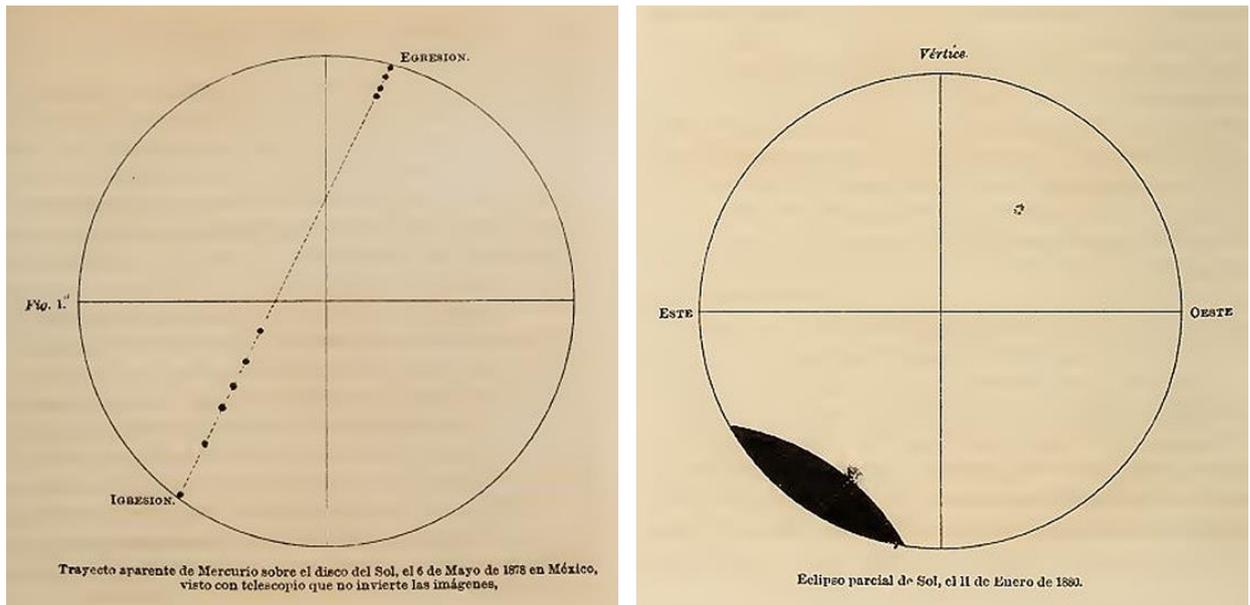


Figura 9: En la imagen de la izquierda se aprecia un dibujo del trayecto de Mercurio sobre el disco solar basado en las observaciones realizadas en el OAC del tránsito de Mercurio de 1878. Por su parte, la imagen de la derecha es una copia litografiada de una de las fotografías tomadas del eclipse parcial de Sol de enero de 1880. Fuente: Memoria de los Trabajos practicados de Enero de 1878 a Junio de 1880 en el Observatorio Astronómico Central (1881).

Realizar observaciones de fenómenos astronómicos no fue la única manera en la que el Observatorio ayudó a la formación de ingenieros. En los años en que Jiménez fue director del OAC, se publicaron diversos trabajos, pensados para la enseñanza de la astronomía y como herramienta para las comisiones geográficas. Por ejemplo, en 1877 se publicó “El Telescopio y su poder amplificador”,<sup>82</sup> en 1878 vio la luz la “Carta Celeste proyectada sobre el horizonte de México”<sup>83</sup> y en 1880 se publicó la “Determinación de la longitud del péndulo de segundos y de la gravedad en México”.<sup>84</sup>

<sup>82</sup> “El Telescopio y su poder amplificador” buscaba fortalecer la educación de los jóvenes ingenieros al hacer hincapié en lo importante que es para la astronomía práctica el saber manejar los telescopios, así como calcular elementos que influyen en la observación, por ejemplo, la calidad de las lentes (Jiménez 1877).

<sup>83</sup> Este trabajo fue hecho por el ingeniero geógrafo Francisco Jiménez y el ingeniero civil Faustino Navarro, auxiliar del Observatorio. Esta carta era básicamente un mapa del cielo. Tenía marcados los meridianos (círculos horarios), la eclíptica, los círculos de declinación, etc., todas estas líneas imaginarias e información servía a los ingenieros en sus observaciones astronómicas para la determinación de posiciones geográficas (Jiménez 1878).

<sup>84</sup> Francisco Jiménez realizó este trabajo con el ingeniero geógrafo Leandro Fernández, profesor de la clase de astronomía de la ENI, y el ingeniero Antonio Palafox, quien

Es importante señalar que también hubo otros trabajos que se realizaron en colaboración con el OAN. Por ejemplo, en 1879 Jiménez y Anguiano determinaron la diferencia de longitud de ambos observatorios. Para hacer esto Anguiano halló la manera de conectar eléctricamente el péndulo astronómico del OAN con el cronógrafo del OAC y el cronógrafo del OAN, y un instrumento para observar tránsitos de estrellas (Jiménez 1881, 327). Aunque no menciona cuál instrumento, podemos suponer que se trataba del anteojo de pasos.

Otra de las tareas que siempre estuvo presente durante el periodo en que Jiménez fue director del OAC de 1877-1881 fue “la marcha” o el funcionamiento de los relojes del Observatorio. “La marcha del péndulo astronómico [...] se llevaba diariamente por el método de tránsitos: este es naturalmente uno de los trabajos diarios del Observatorio” (Jiménez y Fernández 1880). Era importante vigilar que el péndulo y los cronómetros estuvieran marcando la hora y funcionando correctamente, sin atrasos, sin adelantos y sin que se detuvieran. Esto por tres razones. La primera era que el OAC era el responsable de dar “el tiempo exacto á Catedral, cuyo reloj sirve de tipo para el arreglo del tiempo en la ciudad” (Jiménez 1881, 336). La segunda razón era porque las comisiones geográficas solían llevar sus cronómetros marinos para que los repararan en el Observatorio. El último motivo es que los relojes se empleaban para el intercambio de señales, así que éstos debían estar en buena condición para obtener las coordenadas geográficas con la mayor precisión posible.

En 1881, un año después que Manuel González<sup>85</sup> asumió la presidencia de México, Francisco Jiménez falleció. Por esta razón la dirección del Observatorio Astronómico Central pasó a cargo del ingeniero geógrafo Leandro Fernández, quien fue profesor de la Escuela Especial de Ingeniería. Durante la dirección de Fernández, el contacto con las comisiones geográficas nunca se perdió y era común que los ingenieros del OAC con ayuda del telégrafo,

---

dividía su tiempo como oficial de la Inspección de Caminos y Obras y como ayudante del Observatorio. Fue un trabajo que sirvió para deducir el “aplanamiento” de la Tierra, lo cual servía para el cálculo y el trazado de los mapas topográficos (Jiménez y Fernández 1880).

<sup>85</sup> En 1880, Manuel González sucedió a su amigo Porfirio Díaz en la presidencia de México. Gobernó durante cuatro años y hacia el final de su periodo, hubo mucho descontento de la gente por su mal gobierno.

cronógrafo y péndulo astronómico intercambiaran señales con las comisiones geográficas y el OAN. De esta manera el OAC continuó cumpliendo su papel como “centro de cálculo” y el conocimiento siguió circulando entre los observatorios y las comisiones. La red telegráfica continuó creciendo, haciendo posible que este intercambio de señales se llevara a cabo en diversos lugares de la República Mexicana. De hecho, fue tanta la utilidad del telégrafo como medio de comunicación entre puertos, ciudades, estaciones de ferrocarril y negocios privados que en 1883<sup>86</sup> se incluyó la profesión de telegrafista en la Escuela Nacional de Ingenieros (Ramos 2013). Y para 1884 las líneas particulares, las del gobierno, las del ferrocarril, etc., rebasaban los 31,088 kilómetros de extensión (Mendoza 2014).

La educación de los ingenieros en formación fue otra de las actividades que continuaron mientras Fernández fue director del OAC. Algunos de estos ingenieros posteriormente se incorporaron al Observatorio Astronómico Nacional; otros continuaron en el Observatorio Astronómico Central.<sup>87</sup> Es importante señalar que los ingenieros capacitados para realizar tareas geográficas eran pocos,<sup>88</sup> no existía una planta permanente para el trabajo de manera exclusiva en los observatorios o en las comisiones, sino que laboraban de manera conjunta. Muchas veces el personal de los observatorios nacionales (incluido los practicantes) era requerido por el gobierno para salir en comisiones geográficas.

---

<sup>86</sup> También se creó la especialidad de ingeniero de caminos, puertos y canales. Bazant (1984) comenta que esta carrera fue añadida en respuesta al crecimiento de las obras de infraestructura, como el ferrocarril.

<sup>87</sup> Por ejemplo, el ingeniero geógrafo Felipe Valle y el ensayador y apartador de metales e ingeniero geógrafo Ezequiel Pérez realizaron prácticas en este observatorio (Jiménez 1881). El primero se incorporó como calculador en el OAN y posteriormente como director de este observatorio. Mientras que el segundo llegó a ocupar el cargo de director del OAC.

<sup>88</sup> Generalmente, los ingenieros geógrafos eran los mejor preparados para realizar tareas geográficas como determinar posiciones geográficas. A pesar de eso eran pocos los ingenieros geógrafos con los que contó México; de 1856 a 1893 eran catorce los ingenieros geógrafos titulados (Moncada et al. 1999, 15). Esto no significó que otro tipo de ingenieros no pudieran llevar a cabo estas tareas. Por ejemplo, el ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano sabía utilizar métodos astronómicos para determinar posiciones geográficas (De la Guardia 2015, 4).

No sólo los ingenieros eran requeridos para salir a comisiones, también los instrumentos eran solicitados en calidad de préstamo para ir a las expediciones geográficas. En 1880 el OAC le prestó al ingeniero Leandro Fernández un altazimut para que pudiera determinar posiciones geográficas de algunos lugares de la República Mexicana.<sup>89</sup> En el informe de los años 1883 a 1885, se menciona que Felipe Valle (practicante de ingeniera geográfica) empleó un altazimut del observatorio para ir de comisión. Además, se sabe que Félix Anguiano, quien también trabajaba en la Inspección de Caminos y Obras, era el encargado de llevar el registro de los instrumentos que entraban y salían para las comisiones geográficas (Jiménez 1881). Esto muestra que existía una movilización de instrumentos, prácticas e ingenieros entre las comisiones geográficas y el OAC. De hecho, el OAN también formó parte de esta movilización, ya que se integró al cambio de señales que se realizaban para determinar longitudes. Además, estaban los trabajos que el OAC y el OAN realizaron juntos. Sin embargo, es importante señalar que no todos los instrumentos, ni todas las prácticas astronómicas viajaban entre observatorios y comisiones. Se verá en la siguiente sección que el OAN tuvo prácticas e instrumentos que por su tamaño y las tareas que se realizaban con ellos fueron exclusivos de ese establecimiento.

La última tarea que fue una constante en las actividades del Observatorio fue vigilar “la marcha” de los relojes del Observatorio. Se tenían supervisados el péndulo astronómico y los cronómetros marinos, para poder dar la hora a la capital del país y para poder arreglar los cronómetros de las expediciones geográficas. Por último, es importante mencionar que durante la dirección de Leandro Fernández, al igual que lo hizo Jiménez, se realizaron otros trabajos para auxiliar las labores de las comisiones.<sup>90</sup> Pero, a diferencia del periodo de Francisco Jiménez, la cantidad de trabajos de este estilo disminuyó y se

---

<sup>89</sup> Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM), Fondo Observatorio Astronómico Nacional (FOAN), Sección: Administración, Subsección: Correspondencia, Caja: 136, Exp.: 946.

<sup>90</sup> Estos trabajos fueron la determinación de la refracción astronómica, el establecimiento de las tolerancias (o errores) que se pueden admitir en las operaciones topográficas según los instrumentos que se usen y la investigación de cuáles son las horas menos favorables para observar el ángulo terrestre (sirve para triangulaciones topográficas).

concretaron tres tareas fijas del OAC. Para el siguiente periodo en que A. Flores <sup>91</sup> fue director las tareas de este observatorio ya estaban bien determinadas.

A. Flores fue el tercer director del OAC y se hizo cargo de esta institución durante aproximadamente un año, de 1891 a 1892. Posteriormente fue sustituido por el ingeniero geógrafo Ezequiel Pérez, quien tomó la dirección del OAC alrededor de 1893, cuando el Observatorio dejó de pertenecer a la Inspección de Caminos y Obras del Ministerio de Fomento y pasó a depender del Departamento de Pesas y Medidas del Ministerio de Fomento. Durante las direcciones de Flores y de Pérez el Observatorio Astronómico Central realizó principalmente tres tareas. La primera fue el intercambio de señales telegráficas con diversas comisiones geográficas. Para esos años la red telegráfica ya se había propagado por el país, permitiendo la comunicación entre lugares que antes no estaban comunicados y facilitando el trabajo con las expediciones. Por ejemplo, al inicio las longitudes de varios puntos en los que estuvo la Comisión de Límites de Guatemala se realizaron por culminaciones de estrellas, pero para 1891-1892 la longitud se pudo calcular usando el telégrafo. En este intercambio de señales también participó el OAN y fue la única labor en conjunto que estos observatorios realizaron. Es importante mencionar que el OAC no contó con una red de observatorios o estaciones meteorológicas que le enviarán información para ser centralizada, como lo tuvieron los observatorios meteorológicos en el siglo XIX (Aubin, Bigg y Sibum 2010, 15-18). En su lugar las comisiones geográficas y sus observatorios temporales fueron los que conformaron la red de trabajo del OAC y permitieron que funcionara como “centro de cálculo.”

La segunda tarea fue dar la hora a la Ciudad de México, como se venía haciendo desde su fundación. El OAC era el responsable de proporcionar la hora con la cual los capitalinos regían su vida y con la cual se regulaban servicios como el ferrocarril. Por esta razón, se vigilaba “la marcha” del péndulo

---

<sup>91</sup> En los informes revisados, así como en los archivos consultados no encontré datos del tercer director del OAC que pudieran aportar información sobre este personaje. Se le menciona con el nombre de A. Flores, así que me referiré a él como A. Flores o ingeniero Flores. Debido a que sus antecesores y su sucesor fueron ingenieros, puedo suponer que Flores también lo fue.

astronómico y de los cronómetros marinos del Observatorio. Además, relojes de otras comisiones eran llevados al OAC para que los revisaran y repararan en caso de ser necesario. La tercera y última tarea fue contribuir a la formación de los ingenieros geógrafos. “Este servicio no lo podría desempeñar el Observatorio de Tacubaya por que los Instrumentos que allí existen son adecuados para la formación de Astrónomos y no de Geógrafos que son los que se necesitan para el levantamiento de nuestra Carta”.<sup>92</sup> Debido a esto, era común encontrar a alumnos de la Escuela Nacional de Ingenieros en el OAC, donde acudían a realizar sus prácticas astronómicas. En Apéndice A se encuentra el Cuadro 1 en el cual se puede ver un resumen de las actividades realizadas en el OAC durante el periodo de 1877 a 1893.

Durante los años 1877-1893 el Observatorio Astronómico Central siempre realizó tres tareas principales: intercambiar señales telegráficas, ayudar a la formación de los ingenieros, y dar la hora a la Ciudad de México y reparar los relojes de otras comisiones. Para llevar a cabo estas tareas el OAC contó con varios instrumentos que estaban en constante movilización entre el observatorio y las comisiones. Estos fueron empleados, al igual que en las comisiones geográficas de las cuales provenían, para realizar labores geográficas. Gracias a los informes revisados de 1877 a 1893<sup>93</sup> se puede apreciar cómo año con año estas tres tareas siempre fueron realizadas en el Observatorio. Más aún, trabajos complementarios para la educación de los ingenieros como los realizados por Jiménez con el paso de los años se dejaron de realizar. Todas las labores llevadas a cabo por el Observatorio Astronómico Central tenían un fin práctico ya fuera para la sociedad, para la geografía o para el OAN.

---

<sup>92</sup> Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM), Fondo Observatorio Astronómico Nacional (FOAN), Sección: Administración, Subsección: Correspondencia, Caja: 138, Exp.: 959.

<sup>93</sup> En el Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM), Fondo Observatorio Astronómico Nacional (FOAN), Sección: Administración, Subsección: Informes y Subsección: Correspondencia, en los expedientes 913, 916, 919, 922, 959 se encuentran los informes de trabajo del OAC del periodo 1881-1894. Es de estos informes de los cuales se obtuvo la información acerca de las actividades realizadas en este observatorio, así como de los directores que estuvieron a cargo de esta institución.

## **2.2 El Observatorio Astronómico Nacional y el nacimiento del astrónomo mexicano**

El Observatorio Astronómico Central fue un establecimiento cuyo trabajo ayudó a la administración pública de México. El estudio de esta institución muestra cómo en el periodo 1876-1893 los ingenieros llevaron a cabo siempre las mismas tres tareas principales. Sin embargo, el OAC no fue el único lugar en el cual los ingenieros laboraron. El Observatorio Astronómico Nacional (OAN), uno de los observatorios nacionales, fue otra de las instituciones donde trabajaron los ingenieros geógrafos mexicanos. En esta sección se estudiarán tres acontecimientos del OAN que permiten ver la transformación de algunos ingenieros geógrafos en astrónomos en México a finales del siglo XIX: la fundación del Observatorio Astronómico Nacional, el estudio del tránsito de venus de 1882 y la participación en el proyecto Carta de Cielo son fundamentales.

### **2.2.1 Los primeros pasos para ser astrónomo: la fundación del Observatorio Astronómico Nacional**

La creación del Observatorio Astronómico Nacional fue decretada a finales de 1876, durante el gobierno de Porfirio Díaz. Como director de esta nueva institución se designó al arquitecto e ingeniero civil Ángel Anguiano. En una carta que Anguiano envió al Ministro de Fomento en 1881 se menciona que el motivo por el cual se fundó el OAN fue para que México cumpliera con el compromiso adquirido por el gobierno ante otros países de observar el tránsito de Venus de 1882<sup>94</sup> (Anguiano 1882; Biro 2010). Sin embargo, aunque parece claro el motivo para crear el Observatorio Astronómico Nacional, en realidad su fundación responde a una situación más compleja. El nacimiento de este establecimiento fue posible gracias a que se conjuntaron los intereses de algunos ingenieros geógrafos y del gobierno que permitieron la creación de esta institución. Por un lado, México debía probar que estaba en la senda del progreso, y una forma de

---

<sup>94</sup> En la carta Ángel Anguiano menciona que “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 debía, por un compromiso solemne ante el mundo científico, tener arreglado el local á propósito [sic] para tal observación, y que llenase además las miras de un Gobierno verdaderamente ilustrado” (Anguiano 1882, 2).

demostrar esto era por medio del apoyo a la ciencia. Por esta razón instituciones como las sociedades científicas y los observatorios nacionales sirvieron al gobierno como un elemento más para que el país empezara a asemejarse a los otros países modernos. Considero que el gobierno mexicano creó al OAN como un “acto de prestigio simbólico”, así como el rey francés Luis XIV creó, en 1667, el Observatorio de París (Werrett 2010). De esta manera México obtendría reconocimiento de otros países por su política de apoyo a la ciencia.

Otro factor que influyó fue que había ingenieros geógrafos interesados en la astronomía que desde hacía varios años habían estado negociando apoyo con diferentes gobiernos mexicanos para realizar estudios astronómicos. Ejemplo de ello fue la creación del Observatorio Nacional de 1862-1863 y la Comisión Astronómica Mexicana que fue a Japón a observar el tránsito de Venus en 1874. El tránsito de Venus de 1882, el cual sería visible desde México, presentó otra oportunidad para estos ingenieros de entablar nuevamente pláticas con el gobierno y convencerlo de los beneficios de tener un observatorio astronómico. De esta manera el gobierno podría cumplir con su “compromiso”; mientras que los ingenieros geógrafos podrían estudiar el tránsito de Venus y contar con un observatorio astronómico para realizar investigaciones astronómicas.

El primer paso a dar después de haberse decretado la creación del OAN fue adecuar el Castillo de Chapultepec para construir el observatorio. Este lugar funcionó como sede del Colegio Militar de 1833 hasta 1847, cuando el ejército estadounidense invadió México. En 1842 cuando el teniente coronel Pedro García Conde fue su director, ordenó hacer modificaciones a una parte del Castillo para adecuar un pequeño observatorio astronómico. La función de este observatorio era ayudar a la formación de los jóvenes del Colegio Militar, pues lo emplearon para realizar prácticas astronómicas que complementaron sus estudios en cartografía (Moreno 2003). Posteriormente, después de algunas reparaciones, en 1862, Díaz Covarrubias instaló el Observatorio Nacional en el mismo lugar en el que estuvo el observatorio del Colegio Militar.

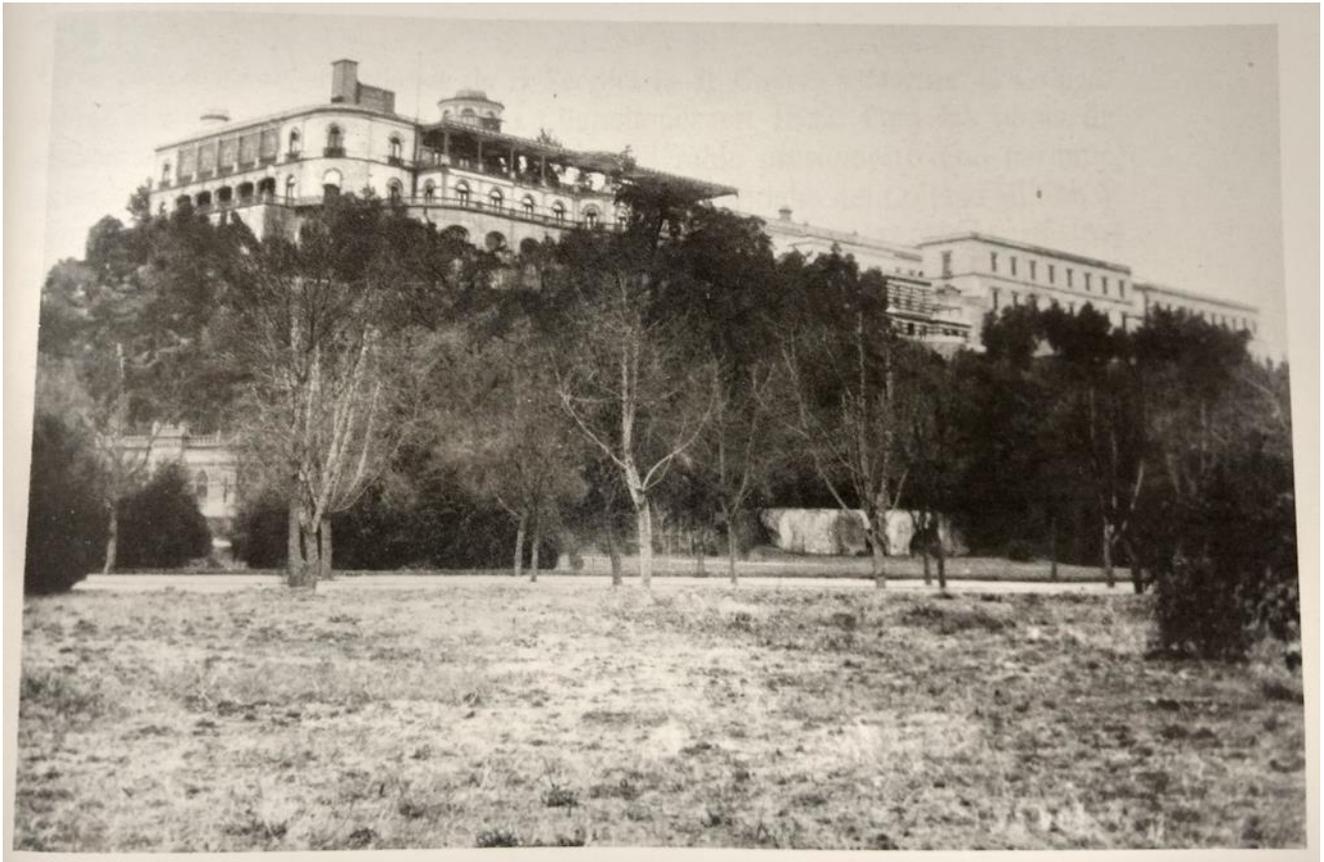


Figura 10: Fotografía del Castillo de Chapultepec. Fuente: (Gómez 1994, 37).

Seguramente Anguiano tenía conocimiento de estos dos observatorios que anteriormente habían estado en el Castillo y de las modificaciones que se hicieron al edificio. Tomándolas en consideración en 1876 elaboró el proyecto “no solamente de un Observatorio Astronómico, sino además de un Observatorio Meteorológico y Magnético” (1877).<sup>95</sup> Este ingeniero no solamente empleó lo ya construido, también utilizó sus conocimientos astronómicos, así como los conocimientos, la experiencia y los contactos de otros ingenieros mexicanos que

---

<sup>95</sup> La circular donde se anunció a Anguiano como el encargado de realizar el proyecto del Observatorio Astronómico se encuentra en los *Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Año 1877. Tomo I*. Aunque no se menciona quien firmó la circular se puede suponer que fue Vicente Riva Palacio, pues como Ministro de Fomento él era quien firmaba este tipo de documentos. También es importante no confundir el Observatorio Meteorológico Central (OMC) con el proyecto elaborado por Anguiano. La creación del OMC se decretó en 1877, se nombró al ingeniero Mariano Bárcena como su director y su sede fue el Palacio Nacional. En la *Memoria presentada al Congreso de la Unión (1877)* se encuentra un informe del OMC donde se detallan las tareas y los instrumentos del Observatorio. Por otro lado, el proyecto de Anguiano fue para desarrollar un Observatorio Astronómico Nacional en el cual se realizarían observaciones astronómicas y meteorológicas.

habían visitado observatorios europeos y que habían conversado con astrónomos extranjeros. Por ejemplo, el ingeniero Francisco Jiménez conoció al astrónomo italiano y director del Observatorio del Colegio Romano Angelo Secchi cuando visitó su Observatorio en el viaje de regreso a México de la Comisión Astronómica Mexicana por Europa, de la cual formó parte. Por esta razón Anguiano acudió con Jiménez para mandar una carta a Secchi, pidiéndole consejos para la formación del observatorio mexicano.<sup>96</sup>

Es importante mencionar que el contacto que Anguiano tuvo con Jiménez muestra a dos de los miembros del grupo de ingenieros mexicanos que poseían interés y conocimiento en astronomía. Esta comunidad de ingenieros, aunque era poco numerosa estuvo unida por su interés en la astronomía y por un objetivo en común: la creación de una institución donde desarrollar la astronomía, una de las “ciencias de observatorio” (Aubin, Bigg y Sibum 2010) del siglo XIX.

A diferencia del Observatorio Astronómico Central, el OAN no comenzó de inmediato sus actividades. El primer año y medio estuvo enfocado en arreglar y adaptar el Castillo de Chapultepec para que los instrumentos tuvieran un lugar y para que los ingenieros gozaran de un espacio para observar, medir y calcular. En la Figura 11 se puede observar el plano del proyecto. En él se ve la distribución y los cuartos que Anguiano pensó para el Observatorio.

---

<sup>96</sup> La carta que Anguiano y Jiménez enviaron a Secchi el 14 de marzo de 1877 se encuentra en el Archivo Histórico de la UNAM (AHUNAM), Fondo Observatorio Astronómico Nacional (FOAN), Sección: Administración, Subsección: Correspondencia, Caja: 136, Exp.: 942.

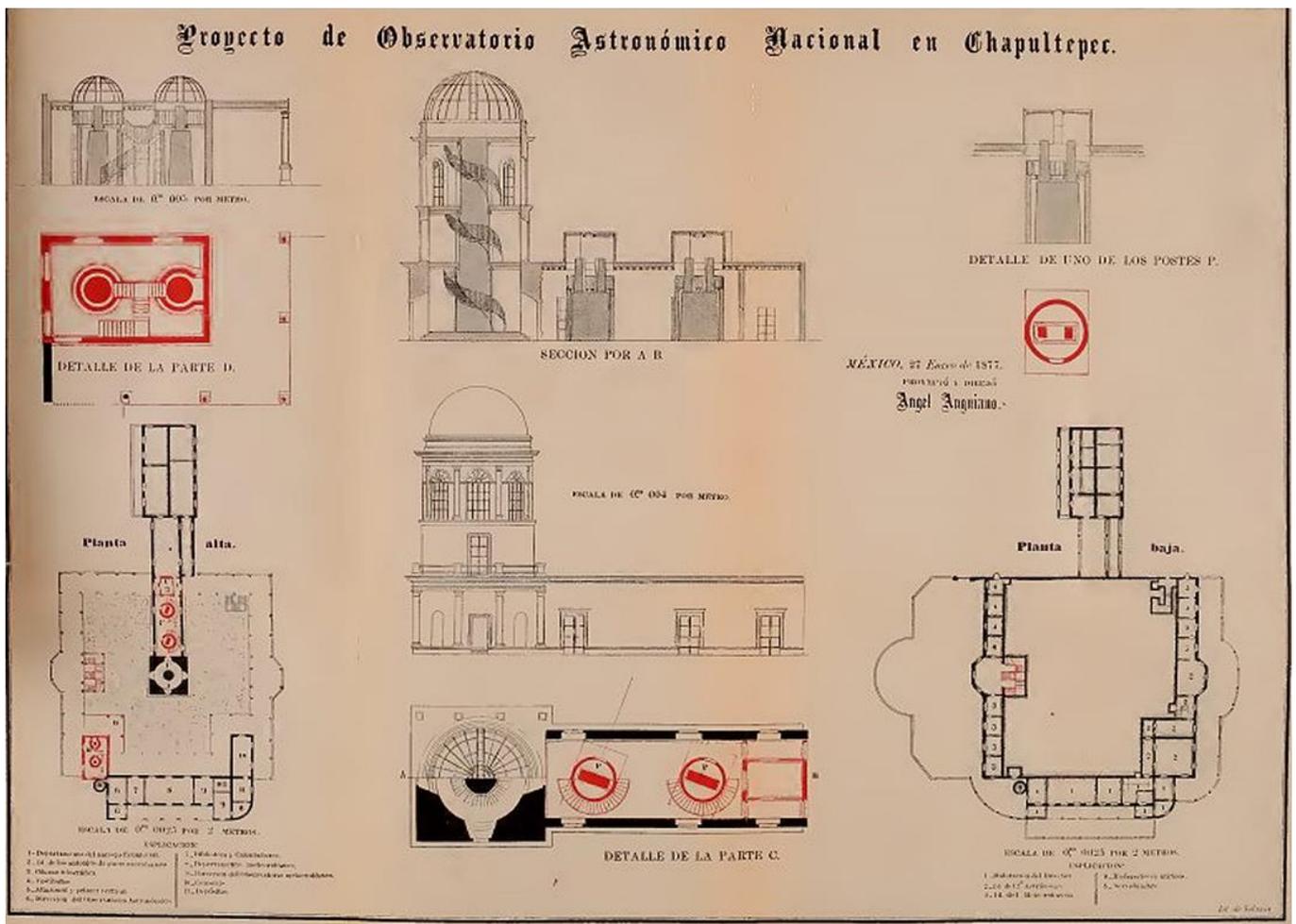


Figura 11: Plano del proyecto del Observatorio Astronómico Nacional presentado por Ángel Anguiano al Ministerio de Fomento. Fuente: Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana Tomo I (1877).

Los instrumentos con excepción del péndulo astronómico y el altazimut que se compraron para uso exclusivo del Observatorio vinieron de varias partes, y se instalaron conforme se fue haciendo la adecuación del Castillo. Llegaron de instituciones como el Ministerio de Fomento y la Escuela Nacional de Ingenieros, donde fueron empleados por estudiantes –para realizar sus prácticas astronómicas– o por ingenieros geógrafos –para hacer observaciones astronómicas que formaban parte de su trabajo (Anguiano 1880a).

Los telescopios se montaron en salas que contaban con postes para asegurar su estabilidad y la precisión de las medidas. En la torre del Caballero Alto –construida cuando García Conde fue director del Colegio Militar– se instaló un anteojo ecuatorial. Contiguo a esta torre se construyeron dos postes. En el primero se instaló un anteojo cenital que había sido utilizado por Jiménez en Japón para observar el tránsito de Venus, y que también fue empleado por

alumnos de la Escuela Especial de Ingenieros donde estuvo hasta que fue enviado al OAN.



Figura 12: Anteojo cenital perteneciente al OAN. Fue empleado en 1874 por la Comisión Astronómica Mexicana. Después pasó a formar parte de los instrumentos de la Escuela Especial de Ingenieros y en 1877-1878 se integró al OAN. Fuente: Archivo Histórico del Instituto de Astronomía.<sup>97</sup>

En el segundo poste se colocó de manera provisional un teodolito empleado con anterioridad por Anguiano en una expedición geográfica. Este instrumento se instaló y utilizó mientras llegaba desde Inglaterra un altazimut que Anguiano compró para el Observatorio. En medio de los dos postes se colocó un péndulo astronómico recién adquirido de tal manera que pudiera ser visto por quien estuviera utilizando el anteojo cenital o el teodolito. También se instaló un cronógrafo, que era igual al que se tenía en el OAC, según comenta Anguiano. Sin embargo, éste se encontraba en reparación y no pudo ser empleado sino

---

<sup>97</sup> En el trabajo *Una historia gráfica del OAN* (2004), Marco Moreno pone una fotografía de este instrumento y menciona que se utilizó en Japón en 1874 para observar el tránsito de Venus. Sin embargo, por parecerme de mejor calidad la imagen del Archivo Histórico del Instituto de Astronomía, decidí emplear esta imagen y no la del trabajo de Moreno.

hasta finales de 1879. A un lado de estos dos postes se encontraba la oficina telegráfica, donde estaba el telégrafo que conectaba al OAN con el OAC y con el cual se realizaron intercambios de señales. El Observatorio también contó con cronómetros marinos y con instrumentos meteorológicos como termómetros y barómetros. Estos se encontraban resguardados en salas temporales, ya que las reparaciones y adecuaciones seguían realizándose (Anguiano 1880a, 12).

La instalación de los instrumentos, así como los trabajos para adecuar el Castillo de Chapultepec todavía seguían llevándose a cabo cuando el Observatorio Astronómico Nacional se inauguró el 5 de mayo de 1878, en el aniversario de la batalla de Puebla.<sup>98</sup> Ese mismo día comenzaron también las tareas astronómicas del Observatorio. Se determinó el tiempo, ya que era importante para los ingenieros geógrafos para comparar observaciones y hacer cálculos. Para esta tarea se empleó el teodolito, el péndulo astronómico y el método de alturas iguales de dos estrellas (propuesto por Francisco Díaz Covarrubias). Al día siguiente, por ser un fenómeno importante para la astronomía, se observó el tránsito<sup>99</sup> de Mercurio por el disco solar (Anguiano 1880a). Se utilizaron observaciones directas (utilizando un helioscopio) e indirectas (empleando el método de Quetelet como se hizo en la expedición a Japón de 1874).

A finales de agosto del mismo año llegó al Observatorio el altazimut que Anguiano había comprado a la fábrica inglesa Troughton & Simms (Anguiano 1880a, 18-19). Este telescopio que usualmente era empleado por los ingenieros para obtener posiciones geográficas, elaborar mapas y observar tránsitos de astros se instaló en el poste donde estaba de manera provisional el teodolito. Como el altazimut fue un instrumento comprado para uso exclusivo del OAN su llegada fue muy esperada por Anguiano, pues quería “tener la noble satisfacción de ser yo el primero en aplicar un método nacional en el primer observatorio

---

<sup>98</sup> El departamento de meteorología todavía no estaba listo y sus instrumentos se encontraban guardados en diferentes salas. Además, el altazimut que se había comprado para el Observatorio todavía no llegaba a México (Anguiano 1880a).

<sup>99</sup> En el siglo XIX los tránsitos de planetas sirvieron, por ejemplo, para establecer una medida patrón de distancia. Esta medida serviría para obtener distancias entre los astros del sistema solar. Por este motivo los astrónomos observaban y median tránsitos de planetas (ver sección 1.2).

astronómico del país” (Anguiano 1880a, 37). Así que una vez instalado este instrumento Anguiano lo utilizó para obtener la posición geográfica del Observatorio. La latitud la obtuvo con el “método mexicano” (propuesto por Francisco Díaz Covarrubias); mientras que para determinar la longitud intercambió señales con el OAC. Sin embargo, debido a problemas con el cronógrafo los datos que obtuvo no fueron confiables, así que decidió emplear, como lo hacía para elaborar mapas, un método topográfico que implica triangulaciones y cálculos matemáticos.

Durante el primer año de vida del OAN esta institución realizó observaciones para obtener datos de culminaciones lunares, las cuales fueron solicitadas por el ingeniero Salazar Ilarregui,<sup>100</sup> jefe de la Comisión de Límites con Guatemala, para calcular longitudes geográficas en la frontera. Cuando el cronógrafo del Observatorio se terminó de reparar, se anexó a los instrumentos que ya estaban en activo y se empleó para determinar la hora, regular la marcha de los relojes y determinar la longitud por medio del intercambio de señales telegráficas. Se utilizó junto al telégrafo para intercambiar señales con la Comisión de Límites de Guatemala y el OAC en algunos lugares en los que estuvo la Comisión, pues en ese momento la red telegráfica apenas estaba creciendo y todavía no había líneas telegráficas que conectaran distintos puntos del país con la capital.

El intercambio de señales telegráficas con comisiones fue una de las primeras actividades que se realizaron en el Observatorio. Ésta fue una tarea de carácter geográfico y práctico que sirvió para la administración pública del país, porque los datos recabados se utilizaban para elaborar mapas y que así el gobierno tuviera mejor conocimiento del territorio, sus recursos y población. Sin embargo, no fue la única labor que se realizó en el Observatorio que sirvió a la geografía y a sus comisiones. Anguiano comentaba que otra forma en que el Observatorio ayudó a la geografía fue proporcionando datos que “por la imperfección de las tablas astronómicas no pueden adquirirse con la exactitud necesaria, sino por medio de un Observatorio fijo” (Anguiano 1880a, 146). Por

---

<sup>100</sup> Los datos de culminaciones lunares fueron solicitadas al Observatorio Astronómico Central y al Observatorio Astronómico Nacional (Jiménez 1881, 335).

esta razón cuando se preparó el material que se incluiría en la primera publicación del OAN: el *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec*,<sup>101</sup> se incluyó material con contenido geográfico. Por ejemplo, información sobre cómo trazar la meridiana astronómica, utilizada por ingenieros geógrafos para orientar mapas topográficos.<sup>102</sup> Es importante mencionar que los ingenieros mexicanos conocían los anuarios astronómicos de otros observatorios, gracias a la circulación de publicaciones astronómicas y a que tuvieron acceso a ellos en las bibliotecas de las sociedades científicas mexicanas y de los observatorios nacionales. Debido a esto, cuando se elaboró el anuario del OAN, éste se hizo a semejanza de aquellos que se publicaron en otros observatorios para insertarse a la comunidad astronómica internacional al mostrar que compartían prácticas comunicativas (De la Guardia, 2019), y también para difundir a nivel nacional el trabajo del OAN y legitimar esta institución.

Anguiano quería contribuir a la geografía porque necesitaba legitimar el trabajo del Observatorio. Se puede suponer que Anguiano necesitaba mostrar la utilidad del OAN ante el gobierno para que éste no dejara de apoyarlo. Por esta razón, Anguiano realizó algunas propuestas para cambiar la forma de trabajo de las expediciones geográficas. Por ejemplo, propuso dividir las comisiones geográficas en dos secciones: una topográfica y una astronómica. La última tenía que mantener constante comunicación con el OAN, ya que el Observatorio debía de ser el responsable del trabajo de esta sección. De esta manera daba el mensaje al gobierno que el OAN podía hacer tareas astronómicas de utilidad para la administración del país.

---

<sup>101</sup> Para más información acerca del *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional* ver (De la Guardia, 2019).

<sup>102</sup> En el primer anuario del OAN también se incluyeron explicaciones de cómo convertir tiempo medio a tiempo sideral y viceversa y se publicó el trabajo del director del OAC: “Curva Meridiana de tiempo medio” (que sirve para arreglar la marcha de los relojes). También se publicó el trabajo de Díaz Covarrubias para determinar la hora por su método de alturas iguales de dos estrellas. Díaz Covarrubias regaló este método a los observatorios nacionales porque facilitaba el trabajo de determinar el tiempo y porque “son operaciones que tienen que practicarse de continuo en un observatorio astronómico (Díaz Covarrubias, en Anguiano 1880b, 212).

Otra tarea que se realizó con frecuencia en el OAN durante los primeros años de vida fue el trabajo entre su director y el director del OAC, Francisco Jiménez. Desde 1878 hasta 1881, cuando falleció Jiménez, los directores de estos observatorios nacionales llevaron a cabo varios trabajos en conjunto. Por ejemplo, debido a que el coeficiente de refracción de la atmósfera era una fuente de error a considerar en los diversos cálculos que hacían ingenieros y astrónomos, los dos directores realizaron una serie de observaciones para calcular este coeficiente. En el OAN se empleó “El magnífico altazimut de Chapultepec... [cuya] perfección en todas sus partes, y su completa estabilidad, no dejan nada que desear en observaciones angulares de mucha precisión. El instrumento que se empleó en Palacio [Nacional] no reúne, es verdad, todas aquellas excelentes condiciones” (Anguiano 1880a, 125) pero, según comenta Anguiano, la habilidad de Francisco Jiménez compensó las deficiencias del altazimut del OAC.

Con el poco personal con el que contó el OAN se realizaron las tareas de este establecimiento en este primer periodo. Los tres principales empleados fueron su director el ingeniero Anguiano, Francisco Girón y Apolonio Romo. También había ingenieros que no trabajaban de forma definitiva en el observatorio, pero cuando se encontraban ahí ayudaban con diversas observaciones, por ejemplo, en el registro de observaciones meteorológicas. Anguiano estaba consciente de la importancia de realizar observaciones de temperatura y de presión atmosférica porque los ingenieros y astrónomos utilizaban estos datos para considerar errores asociados a la dilatación de algunas piezas de sus instrumentos. Por esta razón, a pesar de que el departamento de meteorología no estaba terminado, se procuraba tomar todos los días datos de temperatura y presión<sup>103</sup> (Anguiano 1880a, 137-144).

Durante los primeros años de vida del Observatorio se estableció un espacio propio para esta institución. Se instalaron varios instrumentos, los cuales en su mayoría habían sido empleados con anterioridad para llevar a cabo tareas

---

<sup>103</sup> Esta responsabilidad recayó en Francisco Girón. Sin embargo, en caso de que Girón no pudiera tomar las lecturas de los instrumentos, Apolonio Romo o algún ingeniero que en ese momento estuviera trabajando en el observatorio podía tomar el registro de las observaciones meteorológicas (Anguiano 1880a).

geográficas. En el OAN estos instrumentos se utilizaron para intercambiar señales telegráficas y realizar algunos trabajos en conjunto con el OAC empleando las prácticas que utilizaban cuando hacían tareas geográficas. Sin embargo, la adición de nuevos instrumentos comprados para el Observatorio, así como el empleo de algunas prácticas astronómicas los llevó a realizar algunas tareas estrictamente astronómicas. Para 1881 en el OAN ya estaba funcionando lo que Anguiano llamó el departamento astronómico donde se emplearon los telescopios, los relojes y el cronógrafo del Observatorio. Este año también comenzaron los preparativos para estudiar el paso de Venus por el disco solar de 1882. Por esta razón Anguiano entabló nuevamente pláticas con el gobierno para solicitar instrumentos para observar y medir los tiempos de contacto del tránsito.

### **2.2.2 Aprendiendo a ser astrónomo: el estudio del tránsito de Venus de 1882**

Los astrónomos del siglo XIX tenían clara la importancia de los tránsitos de Venus por Sol. Sabían que al medir el tiempo de los contactos de este planeta con el disco solar podían, entre otras cosas, calcular la distancia entre la Tierra y el Sol, así como otras distancias entre astros. Por esta razón cuando este fenómeno se presentaba los astrónomos se movilizaban a diferentes lugares en donde el tránsito sería visible. Los ingenieros geógrafos mexicanos no eran ajenos a este conocimiento, de hecho, en 1874 ya habían participado como Comisión Astronómica Mexicana en la observación y medición de este fenómeno. En Japón se pusieron a prueba como astrónomos y también se presentaron ante la comunidad extranjera como tales (Ver sección 1.2).

A finales de 1882 este fenómeno volvería a ocurrir y la Ciudad de México sería uno de los lugares desde los cuales se podría observar el tránsito. Para los ingenieros geógrafos mexicanos esta situación presentó una nueva oportunidad de integrarse como astrónomos y de integrar al OAN a una red internacional. Pero también sirvió como justificación para solicitar apoyo económico y comprar instrumentos como los que había en otros observatorios y que empleaban astrónomos extranjeros en el estudio de este tipo de fenómenos. Anguiano, como director del OAN, escribió al Ministro de Fomento, Porfirio Díaz, y al Oficial Mayor del Ministerio de Fomento, el ingeniero Manuel Fernández, sobre la

necesidad de adquirir instrumentos para esta observación (Anguiano 1882). Esta nueva solicitud lo llevó a realizar un viaje a Europa. El objetivo era visitar las fábricas de instrumentos científicos para proponer al gobierno una lista de instrumentos a comprar. También tenía que visitar observatorios astronómicos para informarse de los preparativos que astrónomos europeos estaban haciendo para observar el tránsito.<sup>104</sup>

A finales de junio de 1881 Anguiano llegó a Inglaterra para visitar una de las fábricas más prestigiosas de construcción de instrumentos científicos: Troughton & Simms. Con el dueño de la fábrica, William Simms, Anguiano conversó acerca de los instrumentos, como el círculo meridiano y un telescopio con montura ecuatorial, que pretendía comprar para estudiar el tránsito de Venus. Simms le manifestó que él podía encargarse de la construcción del primero pero que no podía construir el telescopio de montura ecuatorial debido a las dimensiones que Anguiano requería (15 *pulgadas* de diámetro). Por esta razón le sugirió contactar a Howard Grubb dueño de una fábrica de instrumentos científicos en Dublín que se especializaba en la construcción de ecuatoriales. Siguiendo el consejo de Simms, Anguiano le escribió a Grubb para ver si él podía construir el ecuatorial que el OAN necesitaba.

Mientras esperaba la respuesta de Grubb, Anguiano visitó el Observatorio de Greenwich. En esta visita Simms lo acompañó para poder presentarlo con el astrónomo y director del Observatorio George B. Airy, a quien conocía. Pero debido a que Airy no se encontraba en ese momento, el subdirector y astrónomo William Christie, los atendió. Durante su estancia en Greenwich Anguiano prestó atención a la organización de las diferentes salas de trabajo, los instrumentos que había y su distribución, así como las prácticas que con ellos se realizaban. Por ejemplo, comenta que había un espectroscopio adaptado a un telescopio de montura ecuatorial que era empleado por Christie para estudiar las protuberancias solares.

---

<sup>104</sup> En lo que sigue se usará el folleto de Anguiano *Viaje a Europa en Comisión Astronómica* (1882) para narrar los hechos que sucedieron durante la estancia de Anguiano en Europa.

Después de su visita al Observatorio de Greenwich y sus pláticas con Simms y Christie, Anguiano escribió una carta al Ministerio de Fomento. En ésta además de informar sobre sus actividades, mandó una propuesta de los instrumentos que consideraba necesario adquirir para medir el tiempo de los contactos del tránsito de Venus.<sup>105</sup> Cuando Anguiano partió de México tenía idea de algunos de los instrumentos (un ecuatorial, un espectroscopio y material para fotografía celeste) que debía comprar para el observatorio mexicano y que servirían para observar el tránsito de Venus de 1882. Sin embargo, su idea sufrió algunas modificaciones producto de las pláticas que tuvo con Simms y Christie. También influyó la visita al Observatorio de Greenwich, pues le mostró a Anguiano algunas prácticas que podían llevarse a cabo en el OAN. Por ejemplo, propuso adquirir cronómetros para “establecer como en Greenwich un sistema de observaciones a distintas temperaturas” (Anguiano 1882, 9).<sup>106</sup>

Mientras esperaba respuesta del gobierno mexicano Anguiano continuó su visita a los otros observatorios europeos. Al igual que en Greenwich en cada observatorio<sup>107</sup> prestó atención a la organización de los departamentos o salas de trabajo que lo conformaban, los instrumentos que había, las prácticas astronómicas y las preparaciones que estaban realizando para observar el paso de Venus. Se dio cuenta de prácticas que podían realizarse en el OAN, así como de instrumentos que podían adquirirse y utilizarse no sólo para el tránsito. Por ejemplo, en el Observatorio de París notó que tenían varios telescopios con montura ecuatorial de diferentes tamaños y que eran utilizados para observar planetas, cometas, estrellas dobles y para la formación de los alumnos.

Durante su estancia en Europa por medio del director temporal del OAN, el ingeniero geógrafo Felipe Valle, Anguiano recibió la noticia de que el

---

<sup>105</sup> Los instrumentos que Anguiano propuso fueron: un ecuatorial de 15 *pulgadas* de diámetro, un círculo meridiano de 8 *pulgadas* de diámetro, una cúpula para el ecuatorial, cronómetros, péndulo sideral, cronógrafo de cilindro, un aparato fotográfico, barómetro patrón e “instrumentos meteorológicos” (Anguiano 1882).

<sup>106</sup> Anguiano menciona que en el Observatorio de Greenwich había cronómetros que estaban expuestos a diferentes temperaturas para estudiar su marcha o funcionamiento (Anguiano 1882, 19).

<sup>107</sup> Visitó en total catorce observatorios: Greenwich, París, Montsouris, Meudon, Bruselas, Berlín, Postdam, Viena, Colegio Romano, Nápoles, Ginebra, San Fernando, Madrid y Dublín.

Observatorio Astronómico Nacional debía desalojar Chapultepec porque se establecería de nuevo la escuela militar en el Castillo. Esto lo desconcertó y comenta en su *Viaje a Europa* (1882) que llegó a temer por el futuro del observatorio. Sin embargo, se dio una nueva negociación con el gobierno mexicano para aplazar la fecha de la mudanza y ésta se postergó hasta después del tránsito (Biro 2010).

En octubre de 1881 Anguiano asistió a la Conferencia Internacional de Astrónomos que tuvo lugar en París. Ahí además de platicar con otros astrónomos, obtuvo más información acerca de la red de observación internacional del tránsito de Venus, los preparativos que estaban haciendo, los acuerdos y consensos en el uso de instrumentos y prácticas de observación, así como las recomendaciones para observar el fenómeno. Cuando se encontraba en Madrid visitando el Observatorio de San Fernando le llegó otra noticia del gobierno, esta vez referente a la aprobación de su propuesta de compra de instrumentos. Por este motivo regresó a Londres a mediados de noviembre para cerrar el contrato de la construcción del círculo meridiano con Simms. También contactó a Henry Negretti y Joseph Zambra (dueños de la fábrica Negretti & Zambra) para que lo orientasen en la compra de instrumentos para fotografía astronómica.

Su asistencia a la Conferencia, las visitas a observatorios y las pláticas con astrónomos y fabricantes de instrumentos contribuyeron a que Anguiano cambiara de nuevo la lista de instrumentos a comprar.<sup>108</sup> Por esta razón, cuando fue a Dublín para cerrar el contrato con Grubb del ecuatorial,<sup>109</sup> aprovechó para mandar construir un segundo ecuatorial más pequeño. El motivo de esta decisión fue porque en la Conferencia se recomendó usar un telescopio de 6 *pulgadas* de

---

<sup>108</sup> La lista final de instrumentos que se compraron fueron: un ecuatorial (de 15 *pulgadas* de diámetro) y un espectroscopio para adaptarlo al ecuatorial, un ecuatorial (de 6 *pulgadas* de diámetro) con un ocular para observaciones solares, cúpulas para los ecuatoriales, un círculo meridiano (de 8 *pulgadas* de diámetro), un fotoheliógrafo, un cronógrafo de cilindro semejante al que existía en Greenwich, dos péndulos astronómicos, cronómetros, un magnetómetro unifilar, barómetros y termómetros (Anguiano 1882).

<sup>109</sup> Este telescopio y su cúpula sufrieron algunas modificaciones porque debían adecuarse a las condiciones meteorológicas de México.

diámetro para observar el paso de Venus con el fin de estandarizar los instrumentos de las distintas comisiones. De esta manera, al estandarizar los telescopios, se eliminaría la localidad de los resultados para facilitar su comparación.

Anguiano decidió adquirir este segundo ecuatorial porque después podía ser empleado en observaciones de planetas y cometas, como lo hacían en el Observatorio de París, y porque de esta manera podía unirse a un movimiento de estandarización de instrumentos y prácticas para anexarse a la red internacional de observación e insertarse en la comunidad astronómica internacional. Es importante mencionar que también compró un espectroscopio y un ocular para adaptarlos a los telescopios ecuatoriales y realizar observaciones solares, como lo hacía Christie en Greenwich.

El viaje a los otros observatorios que llevó a cabo Anguiano fue muy importante porque hizo el “Grand Tour” que muchos astrónomos del siglo XIX realizaron como una nueva forma de aprender de los observatorios ya establecidos (Raposo 2013a). De cada observatorio aprendió acerca de sus instrumentos, prácticas de observación, las investigaciones astronómicas realizadas (como en el campo de la astronomía física) y de “valores de precisión” diferentes (Wise 1995), ya que estos cambian de acuerdo al contexto en que nos encontremos (Olesko 1995). También influyó para que los instrumentos adquiridos se utilizaran no sólo para el tránsito, sino también para las tareas diarias del OAN. Además, entró en contacto con miembros de la comunidad astronómica, con quienes platicó y forjó lazos.

Cuando el ingeniero mexicano terminó su viaje por Europa regresó a México para empezar los preparativos para observar el tránsito de Venus. Sin dejar de realizar algunas tareas como la medición de temperatura y presión,<sup>110</sup>

---

<sup>110</sup> Otras de las tareas que se llevaron a cabo fue la observación de un cometa al cual Felipe Valle, con ayuda del altazimut, registró la hora en que lo vio y dejó de ver, así como su posición y apariencia. También se preparó y elaboró el *Anuario para 1883*. En el *Anuario* de 1883 Felipe Valle escribió información general de los cometas. Aunque él realizó la observación de uno de estos cuerpos celestes, este tipo de tareas todavía no eran llevadas a cabo en el Observatorio como parte de sus labores. Valle comenta que los cometas eran un campo de investigación y que esperaba que el OAN pronto lo incorporara a sus tareas. En el *Anuario* también hay información sobre los eclipses de

el personal del observatorio enfocó gran parte de su energía en prepararse para observar este fenómeno y medir el tiempo de los contactos. Los instrumentos que Anguiano había comprado en Europa se instalaron y prepararon conforme llegaron a México para dejarlos listos para la observación del tránsito. Por ejemplo, se instalaron los péndulos y el cronógrafo cilíndrico con los cuales se mediría el tiempo de los contactos (Anguiano 1883, 78). Seguramente una vez instalados los instrumentos se llevaron a cabo pruebas con ellos para asegurar la precisión de sus mediciones, porque esta manera de proceder formaba parte de las prácticas científicas de los astrónomos del siglo XIX. Además, debían asegurarse del correcto funcionamiento de los instrumentos para obtener con la mayor precisión posible el tiempo de los contactos del tránsito.

Es importante mencionar que durante 1882 se integraron al OAN de manera provisional varios miembros de la milicia mexicana para ayudar en las tareas de observación del tránsito. Por ejemplo, se integró el Teniente Coronel Teodoro Quintana y el Teniente Coronel de Artillería Juan Quintas Arroyo para tomar fotografías del fenómeno. Además, así como se estableció una red internacional de observación del tránsito de Venus en la Conferencia Internacional de París, en México Anguiano hizo un llamado a establecer una red nacional para observar este fenómeno (Anguiano 1883, De la Guardia 2019). Con esto pretendía tener datos del tránsito tomados desde distintos lugares del país. A esta convocatoria acudieron varios establecimientos como la Escuela Especial de Ingenieros y el Observatorio de Zacatecas, así como algunas comisiones geográficas (Anguiano 1883).<sup>111</sup>

Para la observación y medición del tiempo de los contactos de Venus con el Sol se organizaron cuatro “departamentos” donde instrumentos e ingenieros trabajaron en conjunto (Anguiano 1883). El departamento del ecuatorial, cuya

---

luna y de sol que están previstos para 1883, observaciones meteorológicas de 1881, una tabla con posiciones geográficas de distintos lugares de México y la explicación de cómo convertir tiempo sideral a tiempo medio y al revés.

<sup>111</sup> Otros establecimientos que participaron fueron el OAC, el Observatorio Meteorológico Astronómico de Mazatlán, el Observatorio Meteorológico de Toluca y el Observatorio Meteorológico y Astronómico del Colegio Católico de Puebla. También participaron comisiones geográficas como la comisión científica exploradora del Pacífico que observó desde Guadalajara (Anguiano 1883).

tarea era observar el tránsito utilizando el método de proyección del Sol o de Quetelet, preparó el telescopio conocido como pequeño ecuatorial.<sup>112</sup> En el departamento del altazimut recayó la tarea de observar el tránsito empleando observaciones directas. Para esto se adaptó el helioscopio al altazimut, y se prepararon el péndulo astronómico y el cronógrafo para registrar los tiempos de los contactos de Venus con el Sol. Por su parte el departamento fotográfico montó el ftoheliógrafo para realizar fotografías del tránsito de Venus. El último departamento, de la sala meridiana, tuvo como tarea principal realizar observaciones del tiempo utilizando el método de pasos meridianos del Sol. Para esto se empleó el antejo de pasos y los péndulos astronómicos y el cronógrafo que fueron comprados por Anguiano en su viaje a Europa.

También se establecieron conexiones telegráficas y telefónicas<sup>113</sup> con el OAC, y trabajaron con la comisión francesa a cargo del ingeniero hidrógrafo Antole Bouquet de la Grye que viajó a México para estudiar el tránsito. Anguiano menciona que el ingeniero francés le manifestó su interés por enlazar el observatorio fijo mexicano con el observatorio temporal francés para determinar la diferencia de longitud entre éstos (Anguiano 1883).<sup>114</sup> Por esta razón Bouquet, Anguiano y Valle trabajaron varias noches intercambiando señales telegráficas. Durante este intercambio de señales hubo algunas noches en las que Anguiano fue al observatorio temporal francés, en el cerro de Loreto (cerca de Puebla), y Bouquet fue a Chapultepec para realizar este intercambio. La razón por la cual se cambiaron estaciones fue para poder “destruir el error personal” (Anguiano

---

<sup>112</sup> Se adquirieron dos ecuatoriales. Uno de ellos de seis *pulgadas* de diámetro; el otro de quince. Al primero se le conoció entre los integrantes del OAN como pequeño ecuatorial y al segundo como gran ecuatorial. En informes de trabajo los ingenieros del OAN hacen referencia a estos dos telescopios como el “pequeño ecuatorial” y el “gran ecuatorial.” Utilizaré también estos nombres para referirme a estos dos telescopios.

<sup>113</sup> El teléfono comenzó a utilizarse en México a partir de 1878, durante el gobierno de Porfirio Díaz. Al principio se empleó esta tecnología para conectar entre sí oficinas del gobierno mexicano y para enlazar estaciones de policía. Gracias a la inversión extranjera la red telefónica fue desarrollándose y consolidándose en México (Ibarra 1994,1995 105-109; Álvarez 2015, 372-373).

<sup>114</sup> También emplearon los métodos de culminaciones lunares y eclipses de los satélites de Júpiter. Pero dieron preferencia al método de intercambio de señales telegráficas por considerarlo más exacto. Para esta tarea se utilizó en Chapultepec el altazimut, el péndulo astronómico y el cronógrafo; mientras que la comisión francesa utilizó un antejo meridiano, un cronógrafo y un péndulo astronómico (Anguiano 1883).

1883, 85) del valor final de longitud y tener resultados más precisos. No sólo Anguiano fue a la estación de trabajo de la comisión francesa, también fueron Quintana y Valle. El primero para estudiar la sección fotográfica de la comisión y el segundo para hacer observaciones de estrellas. De esta manera obtuvieron de primera mano conocimiento acerca de las prácticas científicas de los astrónomos franceses.

Cuando llegó el 6 de diciembre de 1882 ingenieros, militares, empleados del OAN e instrumentos estaban preparados y esperaban el inicio del tránsito para observar, medir y sacar fotografías de los contactos de Venus con el Sol. El Observatorio Astronómico Nacional y sus ingenieros estaban listos para debutar ante la comunidad científica mexicana y ante la comunidad astronómica internacional, así como lo hicieron los ingenieros que fueron a Japón en 1874. Sin embargo, el tiempo atmosférico “fue extremadamente contrario al astrónomo” (Anguiano 1883, 80) y desafortunadamente no lograron realizar las observaciones y mediciones del tránsito como ellos habrían querido.

El gobierno mexicano tampoco quedó satisfecho con la participación del OAN (Biro 2010). No se obtuvieron muchos datos ni fotografías que pudieran mostrarse al gobierno como prueba de que su inversión y apoyo era beneficioso. Sin embargo, el tránsito de Venus de 1882 fue un episodio muy fructífero, ya que Anguiano tuvo la oportunidad de ir a Europa para aprender sobre los instrumentos y las prácticas de varios observatorios astronómicos. Esto le permitió darse cuenta de los instrumentos y las prácticas que caracterizaban a la astronomía del siglo XIX y que los ingenieros del OAN debían aprender a realizar para ser astrónomos. Se conectó con la comunidad astronómica internacional no sólo por medio de pláticas con astrónomos y fabricantes de instrumentos, sino también con la adhesión a una red científica internacional. Finalmente le permitió equipar al observatorio mexicano con los instrumentos necesarios para la práctica de la astronomía física.

### **2.2.3 Los astrónomos mexicanos y su participación en el proyecto Carta del Cielo**

Durante la segunda mitad del siglo XIX los astrónomos comenzaron a emplear con más frecuencia la fotografía en sus prácticas. Consideraban que las imágenes obtenidas por este método tenían más ventajas que los dibujos; los

cuales se elaboraban para representar y estudiar objetos astronómicos. Por ejemplo, para astrónomos como el francés Hervé Faye y el director del Observatorio de Lick, Edward Holden, las imágenes obtenidas a través de la fotografía eran representaciones fieles de los objetos astronómicos, que además funcionaron como un tipo de registro permanente, que posteriormente podía ser consultado y estudiado. También consideraban que con la fotografía se reducía el tiempo de trabajo (de observación), ya que se capturaban en una sola placa fotográfica abundantes estrellas que un astrónomo tardaría mucho tiempo en registrar y medir.

Otros astrónomos, como el francés Jassen y el estadounidense George Phillips Bond, consideraron que con la fotografía se reducían los errores en las medidas, ya que las interpretaciones personales y descuidos del observador se eliminaban al emplear métodos fotográficos. De esta manera la subjetividad dejaba de formar parte de las prácticas astronómicas para dar paso a la objetividad y así asegurar la exactitud en las mediciones, cálculos y resultados (Canales 2002; Lankford 1984; Pang 1997). Una ventaja más que los astrónomos consideraban tenía la fotografía sobre el dibujo era que les permitía observar objetos que el ojo humano no podía apreciar, “es posible fotografiar objetos muy tenues que estén más allá del alcance del telescopio para ser revelados y quizá podamos aprender si un espacio negro en el cielo realmente representa el fin del universo estelar en esa dirección o si más allá, hay mundos que giran y brillan, velados en la oscuridad de la distancia inconmensurable” (Clerke 1902, 439). Además, este tipo de representación visual permitió la circulación de imágenes astronómicas y el conocimiento contenido en ellas entre astrónomos de diferentes partes para ser observadas y estudiadas.

Es importante mencionar que el cambio de dibujo a fotografía, así como la utilización y validación de este método en la comunidad astronómica no fueron inmediatos. Algunos astrónomos consideraron a la fotografía como un método no efectivo y que no resolvía el problema de los errores asociados a la intervención del observador. Por ejemplo, en el tránsito de Venus de 1874 varias comisiones astronómicas utilizaron la fotografía con la esperanza de obtener con precisión los tiempos de contactos de Venus con el Sol. Pero debido a que no se obtuvieron los resultados esperados y no se lograron comparar las medidas

obtenidas algunos astrónomos decidieron no seguir empleando la fotografía (Canales 2002). Los artículos de Canales (2002), Pang (1997) y los informes de trabajo de los astrónomos del XIX dejan ver las dificultades que se tuvieron cuando se empleaba la fotografía. Estas dificultades estuvieron relacionadas con el uso de los instrumentos y las prácticas astronómicas llevadas a cabo, así como con la reproducción de las imágenes para su circulación.

El avance en los instrumentos, materiales y sustancias químicas empleadas, así como el interés de astrónomos por continuar desarrollando la fotografía ayudó a que se empleara con más frecuencia y se utilizara en diferentes áreas, como en el estudio del Sol. En 1887 surgió un proyecto novedoso que nunca antes se había llevado a cabo, porque usando la fotografía como método principal se planteó elaborar un mapa del cielo y un catálogo de las posiciones de las estrellas. De esta manera inició otra red científica de trabajo astronómica internacional. Este proyecto fue impulsado por Ernest Mouchez, director del Observatorio de París, y David Gill, director del Observatorio Real del Cabo de Buena Esperanza, quienes estaban profundamente interesados en la fotografía astronómica. Mouchez, por ejemplo, en el Observatorio de París creó un laboratorio dedicado a la fotografía y apoyó los trabajos fotográficos de los astrónomos Paul y Prosper Henry (Lamy 2009, 196). Este proyecto astronómico fue conocido como Carta de Cielo<sup>115</sup> y como menciona Lamy (2009) combinó un tema de estudio tradicional en la astronomía: la elaboración de catálogos de estrellas y cartas celestes, con una técnica de la astronomía física: la fotografía.

El Observatorio Astronómico Nacional fue uno de los diez y ocho observatorios astronómicos que participaron en este proyecto.<sup>116</sup> A diferencia de los otros observatorios cuyos representantes asistieron al Congreso

---

<sup>115</sup> Para más información acerca de este proyecto ver: (Chinnici 1999), (Lamy 2008, 2009) y (Mireles 2014).

<sup>116</sup> Los observatorios que participaron en Carta del Cielo fueron los observatorios de : Helsingfors (Finlandia), Potsdam (Alemania), Oxford (Inglaterra), Greenwich, París, Burdeos (Francia), Toulouse (Francia), Catane (Italia), Argel (Argelia), San Fernando (España), Tacubaya (México), Vaticano, Córdoba (Argentina), Montevideo (Uruguay), Perth (Australia), Sydney, Ciudad del Cabo (Sudáfrica), Melbourne (Australia) (Clerke 1902, 469).

Astrofotográfico Internacional de 1887,<sup>117</sup> el OAN fue invitado a participar por Mouchez, quien recibió una placa fotográfica de la Luna tomada por el encargado del departamento fotográfico del OAN, el Teniente Coronel Teodoro Quintana.<sup>118</sup> Es importante mencionar que gracias a la correspondencia que se mantuvo con astrónomos extranjeros y a las publicaciones extranjeras que, como De la Guardia (2019) menciona, “reflejaban los intereses científicos de la comunidad” y además sirvieron “como directrices para los nuevos observatorios y astrónomos”, los ingenieros geógrafos del OAN eran conscientes de la importancia de la fotografía como método astronómico. Sin embargo, debido al cambio de sede del Observatorio, de Chapultepec a Tacubaya, en 1883<sup>119</sup> y al poco personal con el que contaba el OAN, no hubo ningún ingeniero que pudiera dedicarse de tiempo completo a la fotografía hasta que el Teniente Quintana se unió al OAN en 1887.

La fotografía que recibió Mouchez fue tomada por Quintana utilizando el Gran Ecuatorial,<sup>120</sup> instrumento que aprendió a utilizar junto con Felipe Valle

---

<sup>117</sup> En el Congreso Internacional Astrofotográfico se reunieron en el Observatorio Astronómico de París, astrónomos, fabricantes de instrumentos y miembros de diversas instituciones científicas como la Academia de Ciencias de París para discutir el proyecto *Carte du Ciel*.

<sup>118</sup> Antes de integrarse al OAN, Quintana fue el jefe del Departamento Fotográfico del Estado Mayor Especial y por lo mismo tuvo conocimiento sobre las sustancias y los materiales empleados en fotografía. En 1882 aprendió a manejar el fotoheliógrafo y trabajó con el OAN tomando fotografías del tránsito de Venus. En años posteriores Anguiano volvió a invitar a Quintana para colaborar en el observatorio tomando fotografías de un eclipse parcial de Sol y de un eclipse anular de Sol. El ingreso de Quintana al OAN fue muy valioso porque permitió al Observatorio contar con una persona capaz de realizar una práctica que se llevaba a cabo en la astronomía: la fotografía astronómica.

<sup>119</sup> Después de la observación del tránsito de Venus de 1882, Anguiano acató la orden del gobierno de cambiar la sede del Observatorio Astronómico Nacional en Chapultepec al palacio del Ex Arzobispado en Tacubaya. Debido a que el edificio al que se mudaron no contaba con las condiciones para instalar los instrumentos del Observatorio de manera definitiva, estos se colocaron en lugares provisionales mientras se llevaba a cabo la adecuación y construcción del OAN. La construcción del nuevo edificio tardó cerca de veinte años y fue un proceso lento por diversos problemas financieros. Sin embargo, las actividades dentro del Observatorio nunca pararon. En los informes de los Anuarios del OAN y en diversos expedientes de la sección administración del FOAN se encuentra la información respecto al avance en la construcción del edificio del OAN.

<sup>120</sup> La instalación de este instrumento fue en 1885. Anguiano consideró que este evento debía “formar época en la historia de nuestra evolución científica” porque el gran

cuando lo desarmaron y armaron para darle mantenimiento.<sup>121</sup> El dar mantenimiento a los instrumentos fue una forma en que los ingenieros del Observatorio obtuvieron “conocimiento tácito” astronómico, ya que aprendían sobre el funcionamiento del instrumento por medio de la experiencia.

Seguramente Anguiano sabía que Mouchez estaba interesado en la fotografía astronómica gracias a la correspondencia que tenía con astrónomos extranjeros y a los anuarios y publicaciones de otros observatorios que leía. Así que después de ver algunas de las fotografías que Quintana tomó de nebulosas y de la Luna, decidió mandar una placa fotográfica de la Luna al director del Observatorio de París para obtener retroalimentación del trabajo. Para hacerle llegar la foto, Anguiano contactó con el hidrógrafo francés Anatole Bouquet de la Grye, a quien conoció en 1882 cuando vino a México a estudiar el tránsito de Venus. El director del OAN aprovechó la comunicación que mantuvo con Bouquet<sup>122</sup> para que él pudiera mostrarle la placa fotográfica a Mouchez.

---

ecuatorial se instaló en el “Primer plantel de la República consagrado a la Astronomía”. Además, el “Observatorio Astronómico Nacional...dotado con este magnífico antejo, puede abarcar en sus labores los estudios nacientes en México, sobre la Astronomía física” (Anguiano 1885, 206).

<sup>121</sup> Cuando Quintana llegó al Observatorio uno de los primeros trabajos que realizó fue darle mantenimiento al Gran Ecuatorial, porque con él, así como lo hacían en otros observatorios astronómicos, podían sacarse fotografías, realizar observaciones de estrellas y nebulosas, observaciones solares (adaptándole un helioscopio) y estudios espectroscópicos (analizar los componentes de las estrellas). Trabajó junto al ingeniero geógrafo Felipe Valle para desarmar y limpiar este instrumento. Esta labor fue un reto para Valle y Quintana, pues “Jamás, hasta ahora, habíamos tenido ocasión de examinar un instrumento de las dimensiones del que se nos ha hecho el honor de poner bajo nuestro inmediato cuidado” (Valle 1887, 110). Pero gracias a esto entendieron mejor el funcionamiento del instrumento porque tuvieron la oportunidad de estudiar cada componente del telescopio.

<sup>122</sup> Bouquet también mostró la fotografía de la Luna en la reunión de la Academia de Ciencias de París. Ahí además de mostrar la placa fotográfica mencionó que ya se tenía el valor de la longitud del OAN y que dicho valor se obtuvo mediante el intercambio de señales realizadas entre el OAN y el Observatorio de la Universidad de Washington. Con esto “El Observatorio Nacional de México puede, pues, ser considerado desde ahora como ligado geográficamente con los Estados Unidos, y por consiguiente con Europa” (Bouquet citado por Anguiano 1887, 77).

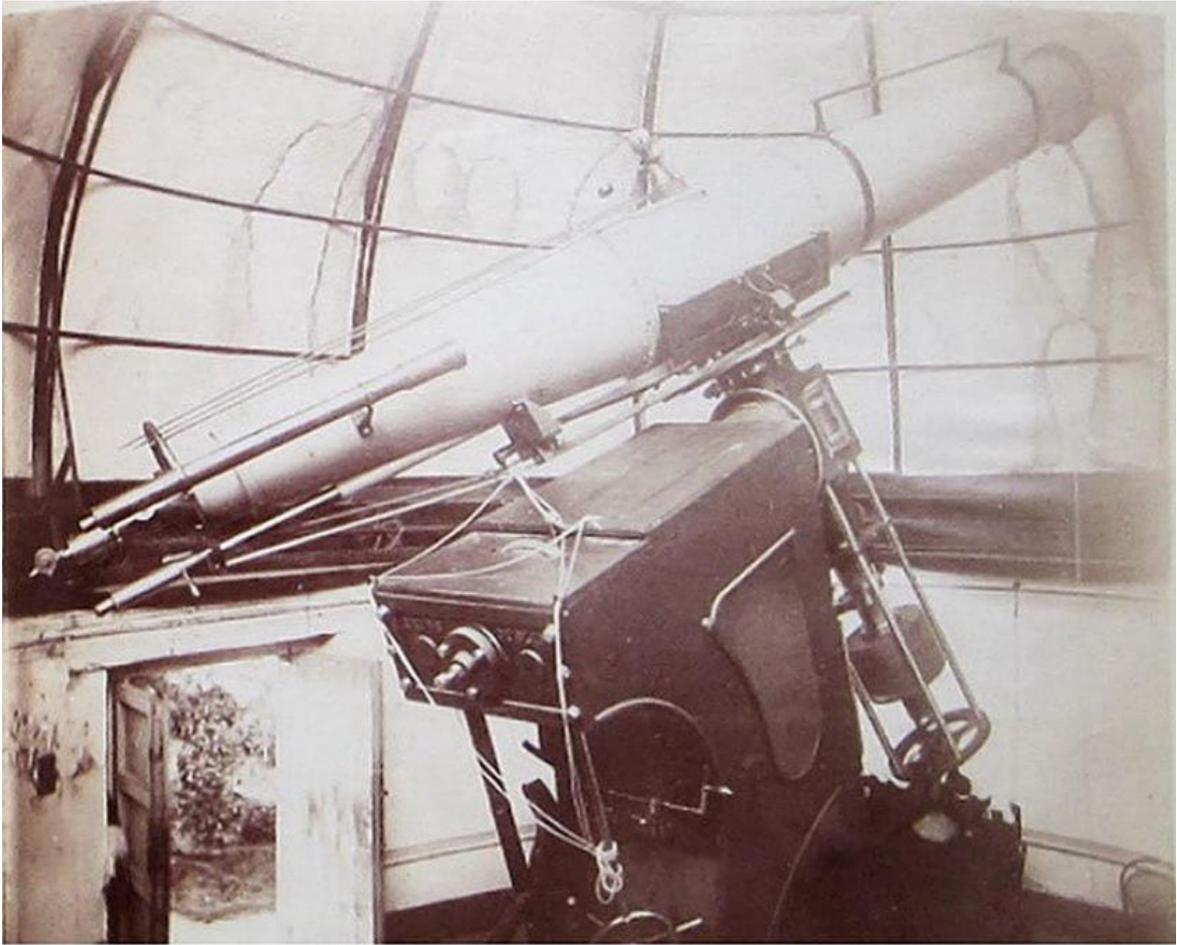


Figura 13: Vista del gran ecuatorial. Fuente: Descripción del Observatorio Astronómico N. de Tacubaya (1893).

El director del Observatorio de París recibió la placa y escribió a Anguiano felicitando al Teniente Quintana por la claridad y calidad de la fotografía, pues para él era prueba de la habilidad del observador, del buen cielo de Tacubaya y de la calidad del telescopio empleado. Debido a que faltaba algún observatorio que pudiera cubrir bajas latitudes, Mouchez como miembro del Comité Permanente del Congreso Astrofotográfico Internacional invitó al Observatorio Astronómico Nacional a participar en el proyecto internacional fotográfico "*Carte du Ciel*." Mouchez le aseguró a Anguiano que de aceptar "Tendrá vd. [usted] en el Teniente Coronel Quintana un muy hábil astrónomo fotógrafo" (Mouchez citado en Anguiano 1888, 72).

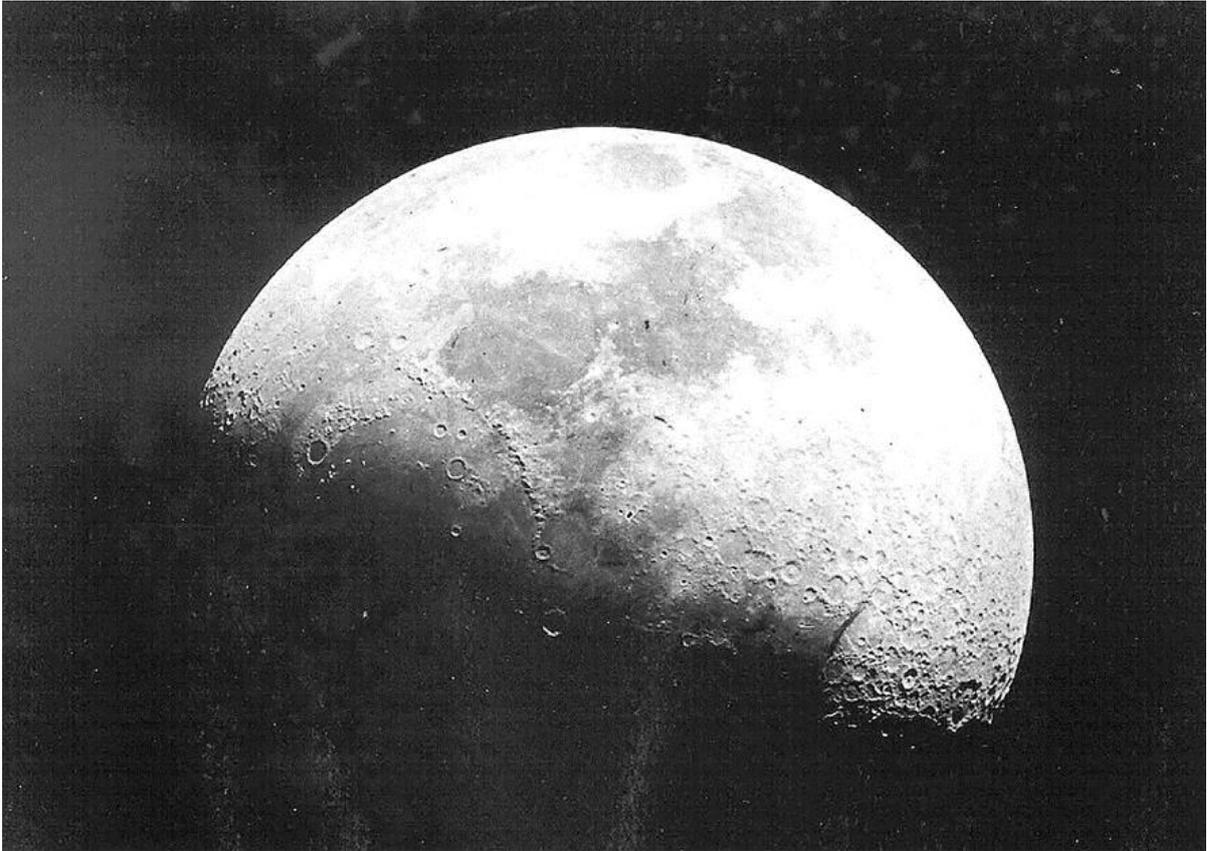


Figura 14: Imagen de la fotografía que Teodoro Quintana tomó de la Luna con el Gran Ecuatorial y que Anguiano envió a Mouchez. Fuente: (Moreno 2004, 158).

Esta invitación representó para el OAN una gran oportunidad de incorporarse a un proyecto astronómico y formar parte de una red de observatorios que desarrollaría un proyecto internacional. Por esta razón Anguiano contactó al presidente Porfirio Díaz y al Ministro de Fomento Carlos Pacheco para solicitar apoyo económico. Anguiano –al igual que lo hizo en el tránsito de Venus de 1882– tuvo que cabildear con el gobierno para que éste aceptara financiar la participación del OAN. Debido a la forma de pensamiento positivista que había en el porfiriato, es posible suponer que Anguiano argumentará que la colaboración del observatorio mexicano presentaba una oportunidad para mostrar que el país estaba en la senda del progreso y que el gobierno mexicano apoyaba a la ciencia igual que lo hacían los gobiernos de las naciones modernas.<sup>123</sup> En cuanto recibió respuesta afirmativa por parte del gobierno Anguiano escribió a Mouchez comunicándole el deseo del OAN de

---

<sup>123</sup> En el *Anuario* de 1889 Anguiano menciona que “De mi conferencia con el Primer Magistrado de la Nación, resultó lo que yo esperaba, al serme conocidas, sus ideas de progreso y de protección a la ciencia” (Anguiano 1888, 75).

participar en Carta del Cielo; también le solicitó información acerca del proyecto y del tipo de instrumentos que se debían adquirir (Anguiano en Chinnici 1999, 370-371).

Es importante mencionar que la colaboración en un proyecto de esta magnitud implicó otra participación del OAN en una red de observatorios y en un movimiento de estandarización de prácticas e instrumentos. Como integrantes de esta red de trabajo, debían emplear instrumentos y técnicas estandarizadas. Por lo tanto, tenían que utilizar el mismo tipo de instrumentos, también debían seguir métodos similares para de esta manera eliminar la localidad en las mediciones y movilizar conocimiento (resultados) fácil de comparar. Debido a este objetivo los astrónomos de los observatorios participantes debatieron y llegaron a consensos, en los congresos, en la correspondencia que tenían entre ellos y en el *Boletín del Comité Internacional Permanente para la ejecución fotográfica de Carta del Cielo* cuando éste empezó a publicarse (Lamy 2008, 2009), acerca de los instrumentos y prácticas a emplear. Por ejemplo, se concertó fotografiar estrellas de hasta la 14ª magnitud para la Carta y de hasta la 11ª magnitud para el Catálogo. También se acordó utilizar como instrumento principal para tomar las placas fotográficas un telescopio siguiendo “solamente las condiciones de que los instrumentos fuesen refractores, de que la abertura del objetivo fuera de 0.33 m[etros] y la distancia focal de 3.43 m[etros] de diámetro” (Anguiano 1888, 76-77).

El Observatorio no fue ajeno a este proceso y los ingenieros también fueron a congresos del proyecto, intercambiaron correspondencia y leyeron los *Boletines del Comité*. Por ejemplo, Anguiano<sup>124</sup> y Quintana asistieron, en 1889, al segundo Congreso del proyecto Carta del Cielo en el Observatorio de París.

---

<sup>124</sup> Mientras Anguiano se encontraba en París recibió un comunicado del Ministerio de Fomento en el cual lo nombraba delegado para el Congreso de Fotografía Celeste y del Congreso Internacional de Ciencias Geográficas. En el Congreso de Fotografía Celeste, que se llevó a cabo en el Observatorio de Meudon, se trataron temas referentes a la ayuda que ha prestado la fotografía a la astronomía para estudiar el Sol, la Luna, estrellas fugaces, cometas, etcétera. Por su parte en el Congreso Internacional de Ciencias Geográficas se trataron temas acerca de la necesidad de tener un catálogo de estrellas para determinar la latitud, elección de puntos para determinar la figura de la Tierra, y sobre medidas de los meridianos y paralelos, sobre aplicación de la foto para levantamiento de planos (Anguiano 1891).

Ahí junto con los demás astrónomos trataron diversos asuntos del proyecto como la distribución de las zonas del cielo que cada observatorio debía fotografiar, el tamaño de las placas a utilizar y el método para determinar el centro de la placa. Conversaron con los astrónomos participantes del proyecto con los cuales Anguiano seguramente mantuvo contacto epistolar; como lo hizo con Mouchez y con P. Lais, director del Observatorio del Vaticano, con quien se reencontró en la reunión de 1896. Además, cuando al director no le fue posible asistir a las reuniones de Carta del Cielo, como sucedió con el Congreso de 1891, solicitaba las actas, circulares e información, para mantenerse al corriente (Anguiano 1891, 1892, 1897).

En 1889, mientras Anguiano y Quintana se encontraban en el Observatorio de París en la segunda reunión del Comité Permanente del proyecto Carta del Cielo, llegó al Observatorio el ecuatorial fotográfico comprado para el proyecto (Figura 15). En cuanto Anguiano regresó de Europa instaló, junto con los ingenieros del OAN este telescopio; sin embargo, no se pudo utilizar de inmediato porque presentaba algunas fallas que tenían que arreglarse. Por esta razón se dedicó tiempo y esfuerzo para repararlo. Al igual que como sucedió con el Gran Ecuatorial cuando se le dio mantenimiento, al arreglar este instrumento los involucrados pudieron desarmarlo y armarlo. Esto les permitió adquirir conocimiento mediante la experiencia y entender el funcionamiento interno del telescopio. Por medio del conocimiento tácito (Collins 2001) adquirieron información que difícilmente hubieran podido obtener sólo con la lectura de artículos. Más aún, este pequeño episodio muestra como la materialidad y la agencia de los instrumentos no se pierde si estos se encuentran rotos o con imperfecciones (Schaffer 2011), pues “la materialidad de los instrumentos surge en su construcción y en su rotura” (Baird citado en Schaffer 2011, 708).

Una vez que el ecuatorial fotográfico quedó listo Quintana comenzó a hacer pruebas para adaptarse a él y entender mejor su funcionamiento; así como para modificarlo para asegurar buenas tomas fotográficas y observaciones. Esta interacción o periodo de acomodación (Pickering 2010) de Quintana con el telescopio muestra la agencia que tienen los instrumentos. Los científicos deben entender los resultados de las pruebas que realizan, pues es en esos momentos

cuando los instrumentos les indican como proceder para obtener los resultados que necesitan o para observar el fenómeno que desean. Más aún, muestra como los instrumentos ayudaron en la conformación de las prácticas astronómicas mexicanas de finales del siglo XIX.

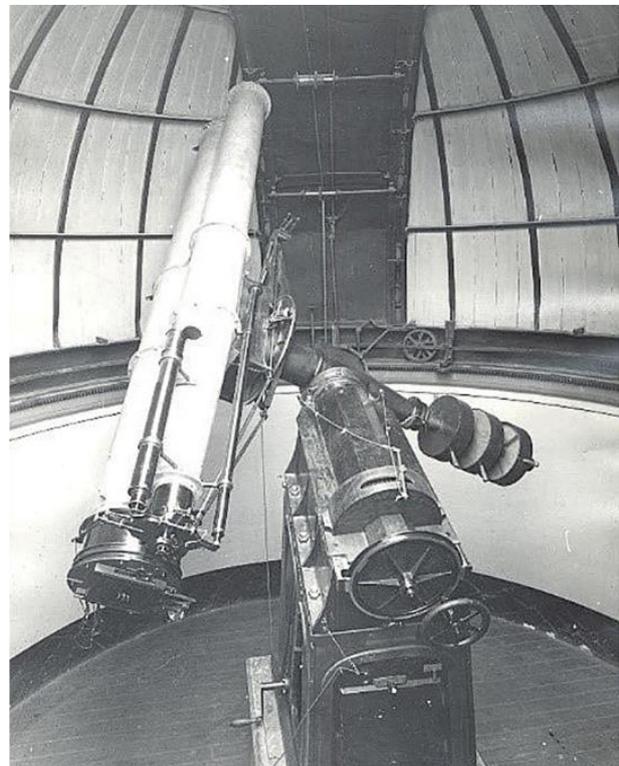


Figura 15: En la imagen de la izquierda se observa un dibujo del ecuatorial fotográfico del OAN. Fuente: Descripción del Observatorio Astronómico N. de Tacubaya (1893). En la imagen de la derecha se puede apreciar una fotografía del ecuatorial fotográfico que se utilizó en el proyecto Carta del Cielo. Fuente: Archivo Histórico del Instituto de Astronomía, Fondo Arcadio Poveda, Sección: Fotografía, Subsección: OAN, Serie: Tacubaya, Caja: 89, Exp.: 699.

En ese momento el edificio del OAN todavía seguía en construcción<sup>125</sup>, pero el departamento astrofotográfico era una de las salas que ya estaba terminada y por ese motivo Quintana pudo comenzar a trabajar con el ecuatorial fotográfico. Los observatorios que ya contaban con su ecuatorial fotográfico realizaron pruebas con el instrumento, así como lo hizo Quintana con el telescopio del OAN. El fin de realizar estos ensayos era comprobar el funcionamiento y las condiciones en las que se tomaban las placas fotográficas.

<sup>125</sup> Muchas veces se tenían que parar las obras porque no se contaba con dinero suficiente para pagarle a los trabajadores, ni para comprar el material. A pesar que el gobierno destinaba un presupuesto para el OAN este no era suficiente para cubrir todos los gastos del lugar.

Los resultados obtenidos eran evaluados por el Comité del proyecto para verificar que las fotografías cumplieran con la calidad requerida. Por esta razón, algunas de las placas que tomó Quintana fueron enviadas por Anguiano a Mouchez en 1891 para que las mostrara al Comité. En esa ocasión Anguiano recibió respuesta a través de Plummer, astrónomo del Observatorio de Oxford, quien le comunicó que las “placas han sido muy miradas, y entre tantos excelentes trabajos que tuvimos a la vista, las placas de Tacubaya puedo asegurar a vd. [usted] no fueron inferiores a ninguna” (Plummer citado en Anguiano 1892, 96).

Conforme los astrónomos realizaron sus pruebas se dieron cuenta que las condiciones locales de cada observatorio, los instrumentos y las particularidades de cada lugar de observación hacían imposible que los estándares establecidos pudieran seguirse de manera estricta. Este anhelo por parte de los astrónomos de querer emplear prácticas e instrumentos estandarizados muestra lo complejo que es el proceso de estandarización y la tensión que existe entre lo global (estándares) y lo local (contingencias). Por un lado, la comunidad astronómica buscaba eliminar las condiciones locales por medio de la estandarización de instrumentos y prácticas para así homogeneizar resultados y facilitar la comparación y difusión de resultados. Sin embargo, al momento de realizar las prácticas científicas surgen contingencias inherentes del lugar, de los instrumentos y de los métodos que siguen los astrónomos que son imposibles de eliminar.

Lamy (2008) menciona que hubo “tensión entre un sistema coherente de estándares y las particularidades locales relacionadas con la geografía del lugar o la experiencia de los astrónomos”. Por ejemplo, se acordó dar un tiempo de exposición de las placas a las estrellas de 40 minutos; sin embargo, debido al clima de cada observatorio este tiempo no podía ser igual para todos (Lamy 2009, 197). Debido a que las contingencias del lugar influyen en las prácticas científicas (Livingstone 2003), los astrónomos tuvieron que adaptar sus métodos e instrumentos para lograr completar sus tareas.

En el OAN, por ejemplo, el ingeniero geógrafo Guillermo Beltrán y Puga, quien se incorporó al Observatorio para trabajar en el departamento del Gran Ecuatorial y posteriormente en el departamento astrofotográfico, explica con

detalle en el *Boletín del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya Tomo I* (1896) el procedimiento que tuvo que seguir para poder determinar el tiempo de exposición de la placa, pues los 40 minutos propuestos no eran adecuados para el trabajo en el OAN. También menciona que para la impresión de la red o malla en la placa fotográfica utilizó la luz de la Luna y que “Con este proceder me he apartado algo de las indicaciones del Congreso, que previene se haga la impresión de redes en las mismas condiciones que la exposición de las estrellas, hasta donde sea posible” (Beltrán y Puga 1893b, 214). Beltrán y Puga se encontró con dificultades similares a las que los otros astrónomos tuvieron cuando estos realizaron sus pruebas.

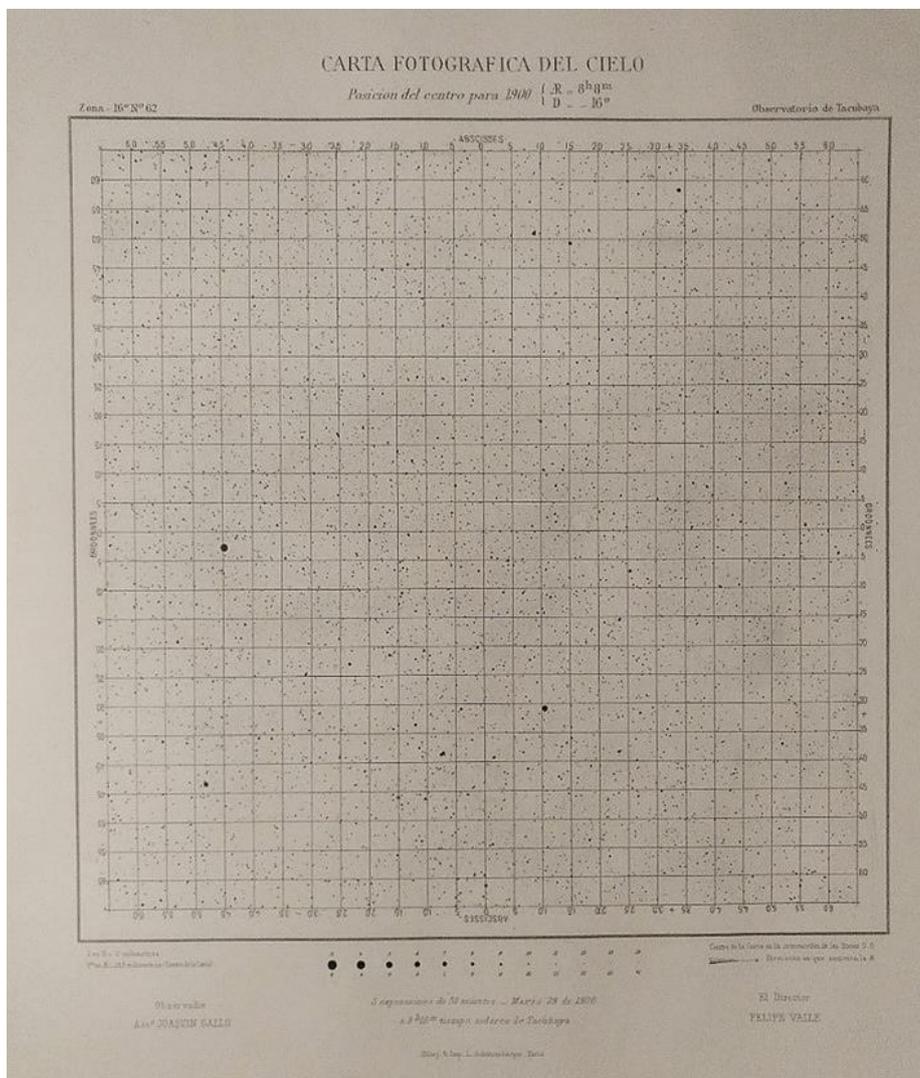


Figura 16: Litografía de una placa fotográfica tomada para el proyecto Carta del Cielo por el OAN. Fuente: Archivo Histórico del Instituto de Astronomía.

Las dificultades a las que se enfrentaron los ingenieros del OAN al trabajar en Carta del Cielo fueron expuestas por Anguiano en los congresos del proyecto y en el intercambio de correspondencia que mantenía con otros astrónomos. De esta manera, Anguiano insertó al OAN en la discusión acerca de los métodos empleados y de los problemas encontrados con el intento de estandarizarlos. En el *Boletín del Comité* de 1895, por ejemplo, se menciona que Anguiano “propone un cierto número de cuestiones sobre los reveladores, sobre las redes y sobre la posibilidad de suprimir éstas en la Carta” (Moreno y Anda, trad. 1896, 428).

En 1892 se comenzaron a tomar las placas fotográficas para el proyecto Carta del Cielo en el Observatorio Astronómico Nacional de México. Pero debido a que el Teniente Quintana tuvo que ausentarse,<sup>126</sup> “El Sr. Ingeniero Geógrafo, D. Guillermo B. y Puga, astrónomo que trabaja en el departamento meridiano, fue la persona designada por mí [Anguiano] para que se encargara de la fotografía celeste” (Anguiano 1895, 126). Es importante mencionar que Beltrán y Puga después de haber sido asignado al departamento astrofotográfico dedicó parte de su tiempo a estudiar con más profundidad la fotografía astronómica. Debido a sus estudios obtuvo más información sobre el uso de este método, por lo que decidió utilizar el ecuatorial fotográfico no sólo para el proyecto Carta del Cielo, sino también para tomar fotografías de la Luna y así obtener datos que, por ejemplo, ayudaran a formar una carta de la superficie lunar.

Conforme los años pasaban Beltrán y Puga, Quintana y en algunas ocasiones Valle, emplearon el ecuatorial fotográfico para continuar el trabajo de Carta del Cielo. A pesar de que se enfrentaron a dificultades como el clima, la falta de placas fotográficas, el poco personal<sup>127</sup> y un error en el sistema óptico

---

<sup>126</sup> El Teniente Quintana tuvo que pedir un permiso para ausentarse de su puesto como encargado del departamento fotográfico por cuestiones de salud. A su regreso solicitó otra licencia que lo separó del Observatorio por seis meses más (Anguiano 1895).

<sup>127</sup> La falta de personal en el OAN fue un problema que estuvo presente durante la dirección de Anguiano. Los ingenieros geógrafos que había eran pocos y a veces el gobierno requería que salieran a comisiones geográficas como los ingenieros geógrafos Felipe Valle y Valentín Gama. Además, como miembros del OAN había veces que tenían que salir en comisión astronómica, como Valle, o asistir a reuniones internacionales, como Anguiano. Esto ocasionó que a pesar de tener instrumentos como el círculo meridiano o el espectroscopio no siempre pudieran utilizarse para hacer observaciones. Anguiano era consciente de este problema –en los informes del

del telescopio que intentaron arreglar y que generó dudas sobre la calidad de las placas obtenidas, tomaron varias decenas de placas fotográficas para ser evaluadas por el Comité del proyecto.

En el Congreso, de mayo de 1896, Anguiano, junto con los directores de los otros observatorios participantes, presentó el informe de trabajo del OAN relativo al proyecto. Expuso los avances (Anguiano 1897) de las placas tomadas. También mencionó algunas de las dificultades que se tuvieron para obtener las placas y reiteró su compromiso con el proyecto al mencionar que “la Conferencia puede contar con el decidido empeño de los astrónomos de Tacubaya” (Anguiano 1897, 169). Al año siguiente cuando el Comité revisó de manera minuciosa las placas del OAN, encontraron que éstas no cumplían con la calidad requerida. El problema en el sistema óptico que habían encontrado en el ecuatorial fotográfico no había quedado resuelto. Por esta razón, tuvieron que mandar dicho sistema a Estados Unidos para repararlo y una vez que regresó al Observatorio, entre 1899-1900, pudieron comenzar de nuevo a trabajar en la Carta del Cielo.

Es importante mencionar que, aunque el ecuatorial fotográfico estaba en reparación las actividades del OAN no pararon. Los ingenieros del Observatorio continuaron trabajando en diversas tareas astronómicas que venían haciendo desde el cambio de sede. Por ejemplo, la observación y el estudio de manchas solares,<sup>128</sup> cometas, eclipses, asteroides y observaciones para determinar la hora y corregir los relojes del Observatorio. También se continuaron las

---

Observatorio que se encuentran en los *Anuarios* menciona este problema– y consideró que “Nosotros tenemos tanta mayor necesidad de aumentar nuestro personal, cuanto que el astrónomo mexicano apenas comienza a formarse” (Anguiano 1890, 79).

<sup>128</sup> Anguiano menciona en el Informe del OAN de 1887-1888 (Anguiano 1888, 212) que desde que el Observatorio estaba en Chapultepec se realizaban observaciones de manchas solares, pero debido al cambio de sede se suspendieron. Se volvieron a retomar empleando el altazimut para determinar su posición, anotando “particularidades” de las manchas y tomando fotos con el ftoheliógrafo sólo cuando éstas fueran importantes. El ingeniero Valle fue el encargado de observar las manchas solares desde 1887 hasta 1889. Para más información sobre la observación y el estudio de manchas solares en el OAN ver Tress (2013).

observaciones meteorológicas <sup>129</sup> y la colaboración con las comisiones geográficas intercambiando señales.<sup>130</sup>

Cuando se reanudaron las actividades de Carta del Cielo el OAN ya tenía varios departamentos de trabajo funcionando con tareas definidas y con instrumentos que habían sido comprados para labores exclusivamente astronómicas. Estaban en funcionamiento el departamento del Gran Ecuatorial, donde se hacían observaciones de astros, cometas, nebulosas y manchas de Sol; el departamento del círculo meridiano, donde se hacían observaciones de estrellas para formar catálogos, determinar el tiempo y corregir los péndulos astronómicos; en el departamento astrofotográfico se trabajó en el proyecto Carta del Cielo y con el fotoheliógrafo se tomaban fotografías de tránsitos de planetas y eclipses.

También estaba el departamento cronográfico, conformado por péndulos astronómicos, cronógrafos, cronómetros, teléfono y telégrafo, y el departamento magnético, donde se hacían observaciones de inclinación y declinación de la fuerza magnética terrestre con el magnetómetro y la brújula de inclinación. Además, tenía una biblioteca con más de 3000 libros (Beltrán y Puga 1893a, 42), producto de compras e intercambios<sup>131</sup> y de publicaciones propias como el *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya*, el *Boletín del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya* y folletos del OAN como la *Primera memoria del Observatorio Astronómico Nacional establecido en*

---

<sup>129</sup> Se siguieron registrando datos de temperatura, presión, inclinación magnética y declinación magnética. En los Anuarios del OAN se encuentran los datos meteorológicos que los ingenieros tomaban año con año.

<sup>130</sup> Por ejemplo, en mayo de 1886 se puso en comunicación telegráfica a Comitán (Chiapas) con el OAC y el OAN para que la Comisión de Límites con Guatemala pudiera determinar longitud por medio de intercambio de señales.

<sup>131</sup> El intercambio de publicaciones fue una actividad muy importante porque permitió a los ingenieros mexicanos conocer los instrumentos, prácticas y métodos de otros observatorios astronómicos. También fue una forma de mantener contacto con sociedades científicas, observatorios astronómicos y escuelas de Europa, Asia, África y América; era una manera de promover la cultura del intercambio. Además, eran una forma en la cual el OAN podía integrarse a la comunidad astronómica internacional al mostrar que se compartía una práctica comunicativa (De la Guardia, 2019).

*Chapultepec* (1880) y la *Descripción del Observatorio Astronómico N. de Tacubaya* (1893). Todo este trabajo que se llevó a cabo en el OAN muestra cómo en este espacio tomaron lugar las “técnicas de observatorio” (*observatory techniques*) que Aubin, Bigg y Sibum (2010) mencionan, y que incluyen prácticas astronómicas (uso de instrumentos y métodos de observación y matemáticos), colaboraciones internacionales y la convivencia dentro del observatorio.



Figura 17: Vista del Observatorio Astronómico Nacional con sede en Tacubaya. Fuente: Archivo Histórico del Instituto de Astronomía, Fondo Arcadio Poveda.

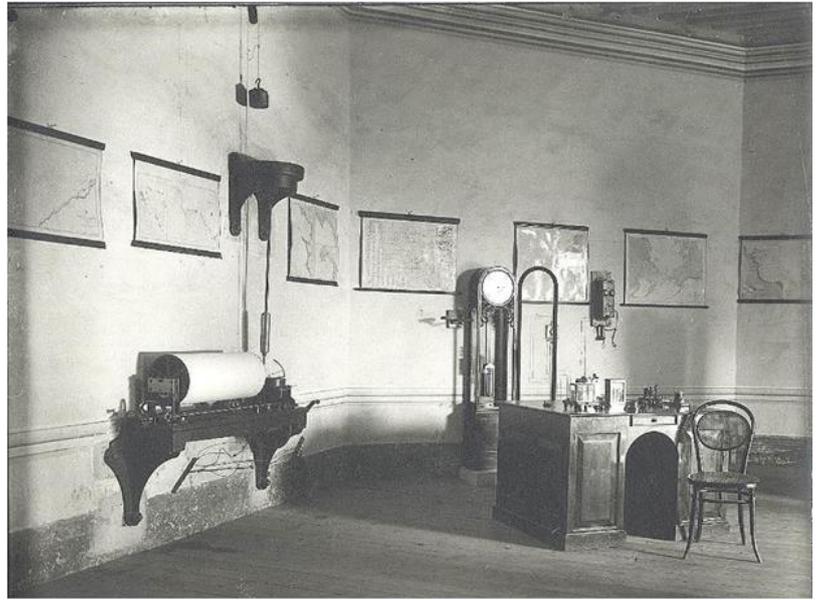
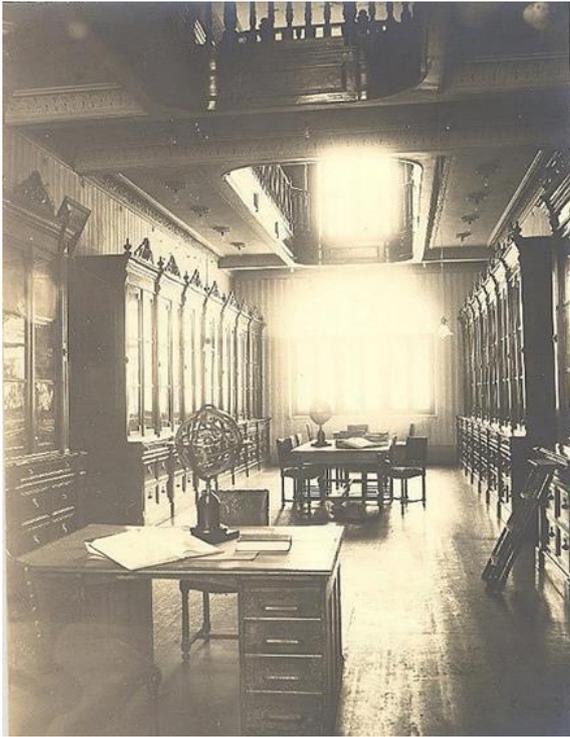


Figura 18: En la imagen de la izquierda se aprecia una vista de la biblioteca del OAN. Fuente: Archivo Histórico del Instituto de Astronomía, Fondo Arcadio Poveda, Sección: Fotografía, Subsección: OAN, Serie: Tacubaya, Caja: 89, Exp.: 697. La imagen de la derecha es una posible vista del interior del departamento cronográfico del OAN.<sup>132</sup> Fuente: Archivo Histórico del Instituto de Astronomía.

Cuando empezó la participación del OAN en el proyecto de la Carta del Cielo, los ingenieros mexicanos tuvieron que seguir las disposiciones acordadas por los otros astrónomos. Sin embargo, conforme fueron trabajando en el proyecto, instalando el telescopio, tomando pruebas, arreglando desperfectos que encontraron en el instrumento, probando de nuevo el ecuatorial fotográfico, obteniendo placas para presentar ante los congresos y el Comité, los ingenieros geógrafos del OAN –que para Anguiano eran los astrónomos<sup>133</sup> del OAN– participaron de la misma manera que los astrónomos de los otros observatorios. Los astrónomos mexicanos se anexaron a una red científica internacional donde

---

<sup>132</sup> El cuarto de la fotografía es uno de los cuartos octagonales que había en OAN Tacubaya. Al fondo se ve un péndulo astronómico. El único departamento del OAN donde había péndulos astronómicos fue el departamento cronográfico. Así que se puede suponer que esta fotografía corresponde a este departamento.

<sup>133</sup> Anguiano comentó que “la carrera de Astrónomo, que entre nosotros es la misma que la de Ingeniero Geógrafo” (Anguiano 1893, 78).

convivieron y trabajaron con otros miembros de la comunidad astronómica internacional.

Anguiano como director y representante del Observatorio mexicano discutió y expuso ideas en los congresos, presentó informes, intercambió correspondencia con otros miembros participantes, y leyó las actas, las circulares y los *Boletines del Comité* al igual que lo hacían los otros astrónomos y directores. Esta etapa del Observatorio mexicano nos muestra la participación de los astrónomos del OAN en un proyecto astronómico internacional. Deja ver la proactividad de los astrónomos mexicanos en su trabajo en el OAN. Con el uso de instrumentos y la asimilación de prácticas astronómicas mostraron que pasaron de ser ingenieros a astrónomos.

## CONCLUSIONES. SER ASTRÓNOMO

Los astrónomos en el siglo XIX tuvieron un origen profesional diverso que dependió del contexto en el cual estuvieron inmersos. Hubo ingenieros civiles, sacerdotes, ingenieros hidrógrafos, militares e ingenieros geógrafos que se transformaron en astrónomos y adoptaron una nueva profesión. Este trabajo se centra en una de estas transformaciones: la de algunos ingenieros geógrafos en astrónomos en México. Para arrojar luz sobre este proceso de transformación en el cual los ingenieros geógrafos se convirtieron en astrónomos estudié el periodo de 1856 a 1899, los instrumentos y las prácticas astronómicas de estos ingenieros y cómo estos y otros elementos (que se detallan más adelante) ayudaron a los ingenieros en su transformación.

A finales del siglo XIX los ingenieros geógrafos realizaron los trabajos cartográficos y geográficos que el gobierno mexicano necesitaba. Constantemente viajaron por el país para elaborar mapas, obtener posiciones geográficas de distintos lugares y delimitar la frontera internacional de México. Para llevar a cabo sus tareas emplearon conocimientos matemáticos, topográficos, cartográficos y astronómicos, que aprendieron durante su formación. Con el paso de los años algunos de estos ingenieros geógrafos por interés personal comenzaron a ampliar sus conocimientos de astronomía. Empezaron a instruirse en temas de astronomía física y anexaron nuevas prácticas a su bagaje astronómico. Poco a poco se fueron alejando de sus raíces geográficas y fueron autoconstruyendo su nueva profesión como astrónomos. Este cambio, complejo y gradual, implicó la articulación de distintos elementos con los cuales los ingenieros interactuaron para transformarse en astrónomos.

Biagioli (2008) con su trabajo sobre Galileo muestra, entre otros aspectos, una manera en la que un individuo adopta una profesión distinta a la suya y construye la infraestructura para ejercerla. Siguiendo esta línea considero que los ingenieros geógrafos mexicanos, al igual que Galileo, lograron adoptar y apropiarse de una profesión diferente a la de su formación. Además, construyeron los elementos necesarios para desarrollarla en México, un país que no contaba con la profesión de astrónomo. Para que esto sucediera los ingenieros necesitaron: un observatorio astronómico, instrumentos, prácticas

astronómicas, publicaciones propias y la participación en una red científica. Todos estos elementos estuvieron entrelazados y cada uno aportó diferentes herramientas para la transformación de algunos ingenieros geógrafos en astrónomos.

Para hacer astronomía los ingenieros requirieron de un lugar fijo donde pudieran instalar los instrumentos y realizar sus prácticas científicas. Por esta razón consiguieron un edificio para el observatorio; lo modificaron y lo adaptaron para realizar trabajos astronómicos. Las “técnicas del observatorio”, mencionadas por Aubin, Bigg y Sibum (2010), que llevaron a cabo los ingenieros geógrafos ayudaron a que el observatorio se convirtiera en un “espacio de conocimiento.” Este espacio, donde trabajaron juntos instrumentos e ingenieros geógrafos, se volvió un repositorio de conocimiento, prácticas e instrumentos astronómicos de finales del siglo XIX en México.

El estudio del edificio nos permite ver la importancia del lugar para la consolidación de los astrónomos mexicanos. El observatorio fue el espacio donde algunos de los ingenieros geógrafos se desarrollaron como astrónomos. Para hacer astronomía los ingenieros necesitaron la infraestructura material: un edificio y hacer uso de él. Aubin, Bigg y Sibum (2010) mencionan que Michel Certeau expone que un espacio es un “*lugar practicado*” y que un lugar se convierte en espacio cuando es “actuado por el conjunto de movimientos que se desarrollan ahí, determinado...por los usuarios del lugar” (Aubin, Bigg y Sibum 2010, 7). En este sentido el Observatorio mexicano se volvió un “*lugar practicado*” porque cada vez que los ingenieros observaban con los instrumentos, tomaban medidas, realizaban cálculos, aprendían nuevas prácticas y dialogaban entre ellos, convertían el edificio en un espacio destinado para la astronomía y se convertían ellos mismos en astrónomos.

Los instrumentos es otro de los elementos que fue esencial para que los ingenieros geógrafos se transformaran en astrónomos. Por una cuestión de necesidad material fue indispensable que los ingenieros contaran con los instrumentos adecuados para realizar prácticas astronómicas. Sin embargo, no es suficiente tenerlos de manera física para ser astrónomo. La importancia de los instrumentos radica en cómo fue la interacción de estos con los ingenieros geógrafos y lo que implicó que los usaran.

Los instrumentos no son exclusivos de una disciplina (Bennett 2011) y circulan en diferentes contextos. En este caso, los primeros instrumentos del OAN provinieron de diversas instituciones mexicanas, donde eran empleados para realizar tareas geográficas. Posteriormente, conforme los ingenieros se instruyeron en temas astronómicos y comenzaron a realizar proyectos astronómicos se dieron cuenta que los instrumentos que tenían no eran suficientes para realizar prácticas de astronomía física. Tuvieron que adquirir en el extranjero nuevos instrumentos y aprender a emplearlos. Al aprender a usar los instrumentos los ingenieros entraron en un diálogo constante con ellos. Esto ocasionó que instrumentos e ingenieros se transformaran mutuamente (Brower 2010). Además, gracias al intercambio de publicaciones, la asesoría de astrónomos y la experiencia, los ingenieros adquirieron los conocimientos suficientes para emplear los instrumentos; así como adaptarlos a las condiciones locales de la Ciudad de México y a realizar prácticas astronómicas de finales del siglo XIX.

Es interesante mencionar que los instrumentos permitieron a los ingenieros mexicanos convivir con los constructores de instrumentos (Morus 2016). Anguiano, por ejemplo, se orientó con el Sr. Simms, dueño de la fábrica Troughton & Simms, sobre el tipo de instrumentos astronómicos que había en un observatorio, y discutió las modificaciones que debían de hacerse a algunos de los instrumentos para que se adaptaran a las condiciones atmosféricas de México. Los instrumentos le mostraron a Anguiano las redes por las que circularon y lo conectaron con constructores y astrónomos. Esto a su vez ayudó a los ingenieros mexicanos a forjar relaciones e insertarse en la comunidad astronómica.

Morus (2016) menciona que el proceso de generar conocimiento es un trabajo colectivo que involucra numerosas personas. Coincido con esta afirmación, y considero que además de las personas los instrumentos también juegan un papel esencial. En primer lugar, hay que mencionar que sin ellos no existirían las condiciones materiales para que los científicos llevaran a cabo sus observaciones, experimentos y mediciones. En segundo lugar, quiero señalar que cuando científicos e instrumentos interactúan se da entre ellos un diálogo que permite al primero entender mejor el funcionamiento de sus instrumentos.

Además, durante la práctica, cuando las contingencias aparecen la reacción de los instrumentos les dice a los científicos qué modificar para obtener los resultados deseados. En esta tesis, por ejemplo, se puede observar cómo la agencia de los instrumentos ayudó a un grupo de ingenieros a consolidarse como astrónomos en México.

Las prácticas (Baigrie 1995; Pickering 1992, 1995) no pueden dejar de mencionarse cuando intervienen los instrumentos porque uno conlleva al otro. Para los ingenieros geógrafos las prácticas fueron esenciales para su transformación porque para estudiar ciertos fenómenos astronómicos se requirieron métodos y técnicas específicas. Igual de importante fue el proceso que pasaron los ingenieros para aprender las prácticas y todos los factores que las rodearon.

Lo primero que hay que mencionar es que hubo un cambio en las prácticas astronómicas que los ingenieros geógrafos realizaron. Al principio emplearon prácticas de astronomía de posición para realizar su trabajo geográfico. Posteriormente, aprendieron y anexaron otras de la astronomía física para poder estudiar objetos y fenómenos astronómicos. Los ingenieros tuvieron que aprender a utilizar instrumentos y técnicas que eran nuevos para ellos, lo cual fue complejo.

Historiadores de los instrumentos como Anderson (2013) y Sibum (1995) recalcan la importancia del conocimiento tácito (Collins 2001). Este tipo de conocimiento se trata de una dimensión de la ciencia que no se puede plasmar ni transmitir de manera escrita u oral. Sin embargo, está presente y nos habla de un trabajo invisible, oculto o tras escena que forma parte de las prácticas científicas y del uso de los instrumentos. Por ejemplo, como lo mencionan Daston y Lunbeck (2011), observar implica revisar que el instrumento esté bien instalado y calibrado. También hay que tomar en cuenta los procesos cognitivos del observador para tomar medidas o interpretar lo que ve. Además, puede ser necesario hacer ajustes de último momento o utilizar varios instrumentos al mismo tiempo. Con esto vemos que cuando los ingenieros geógrafos aprendieron nuevas prácticas astronómicas no sólo aprendieron a seguir una serie de instrucciones, sino que mediante la experiencia adquirieron habilidades

y conocimiento para llevar a cabo observaciones y tareas de astronomía física y ello les ayudó en su transformación.

La participación en redes científicas fue otro de los elementos para que los ingenieros se consolidaran como astrónomos. Los ingenieros mexicanos no podían ser ajenos a la red y a la comunidad en la cual los astrónomos se congregaron. Esto fue importante porque los ingenieros la utilizaron para interactuar con astrónomos extranjeros, intercambiar conocimiento, prácticas e instrumentos astronómicos, y para obtener el reconocimiento como astrónomos por parte de la comunidad astronómica y la comunidad científica mexicana.

El reconocimiento no lo obtuvieron sólo por formar parte de la red. De la Guardia (2015) muestra como Anguiano al volverse experto fue reconocido en México y en el extranjero como astrónomo. Los demás ingenieros del OAN, al igual que Anguiano, mostraron que tenían conocimientos astronómicos, que sabían utilizar instrumentos y realizar prácticas astronómicas y que las llevaban a cabo en una institución exclusiva para la astronomía. No todos fueron reconocidos como expertos, pero esto les ayudó para ser reconocidos como astrónomos.

Al insertarse en la red y participar en congresos y proyectos internacionales los ingenieros tuvieron acceso a información de otros observatorios y formaron parte de las discusiones que la comunidad astronómica sostuvo sobre prácticas e instrumentos a emplear. También formaron parte de un movimiento de estandarización de instrumentos y métodos. Además, Aubin, Bigg y Sibum (2010) mencionan que las redes formaron parte de las “técnicas del observatorio”, con los observatorios como los nudos de las redes. Entonces, al participar en esta red los ingenieros se integraron a una práctica de la comunidad astronómica y colocaron al OAN en uno de los nudos de esta red.

Las publicaciones son otro de los elementos importantes para el devenir de los astrónomos mexicanos. Durante el periodo estudiado el OAN publicó el *Anuario* del OAN, el *Boletín* del OAN y varios folletos. La importancia de estas obras recayó en que los ingenieros las utilizaron para dar a conocer su trabajo, así como para conocer e informarse del trabajo de los astrónomos extranjeros. A través de ellas formaron redes en las cuales los ingenieros se promovieron

como astrónomos. Además, presentaron las prácticas e instrumentos que se emplearon en el OAN ante los observatorios extranjeros.

Los ingenieros también usaron las publicaciones para insertarse en la comunidad astronómica, ya que con su intercambio mostraron que compartían una práctica comunicativa (De la Guardia, 2019) con los astrónomos extranjeros. Por último, me parece importante mencionar que el intercambio de publicaciones nos permite ver la movilización del conocimiento a nivel nacional e internacional porque éstas llegaron a instituciones mexicanas y observatorios extranjeros.

En este trabajo no estudié a profundidad las relaciones que los ingenieros formaron con miembros de la comunidad astronómica. Sin embargo, es importante recalcar el apoyo que los ingenieros mexicanos recibieron de ellos. Por ejemplo, el contacto que Anguiano tuvo con el astrónomo Bouquet ayudó para que el OAN se integrara a un proyecto astronómico internacional, pues este astrónomo fue promotor e intermediario del trabajo fotográfico del OAN ante Mouchez. Todos los miembros de la comunidad astronómica con la cual los ingenieros mexicanos tuvieron contacto ayudaron al devenir de los ingenieros en astrónomos. Hubo aquellos, como Simms, con los que conversaron y recibieron consejos sobre instrumentos. También estuvieron los astrónomos con los que trabajaron y de quienes aprendieron prácticas y obtuvieron retroalimentación de las tareas astronómicas del OAN. El apoyo externo fue esencial para que los ingenieros mexicanos se desarrollaran como astrónomos y también para que fueran aceptados dentro de esta comunidad científica.

Los elementos mencionados fueron los que utilizaron los ingenieros mexicanos para construir la infraestructura para hacer astronomía en México y para autoconstruirse (Biagioli 2008) como astrónomos. La importancia de estos elementos no radicó en tenerlos sólo por cumplir un requisito. Tuvieron que volverse elementos determinados por el uso y la interacción que los ingenieros geógrafos tuvieron con ellos. No bastó con que los ingenieros tuvieran un lugar, instrumentos, publicaciones, prácticas científicas y la participación en una red. Los ingenieros tuvieron que apropiarse de estos elementos y usarlos para autoconstruirse como astrónomos con el trabajo que realizaron diariamente. De esta manera los ingenieros y los elementos se influenciaron mutuamente y se transformaron entre sí.

Por último, es importante mencionar que gracias a la perspectiva de estudio empleada en este trabajo: instrumentos y prácticas, se logró esclarecer el proceso de transformación de algunos ingenieros geógrafos en astrónomos en México. Esto es gracias a que se vio con detalle el trabajo de los ingenieros geógrafos a finales del siglo XIX y cómo fue que con diferentes elementos construyeron y adoptaron su nueva profesión como astrónomos.

## APÉNDICE A. CUADRO DE ACTIVIDADES DEL OAC

<b>Resumen de las actividades realizadas en el Observatorio Astronómico Central (OAC) durante el periodo de 1877-1893. Fuente: Jiménez y Anguiano (1877), Jiménez (1877, 1878, 1881), AHUNAM-FOAN.</b>		
Periodo	Director	Actividades realizadas
1877-1881	Ingeniero geógrafo Francisco Jiménez	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Intercambiar señales telegráficas con comisiones geográficas y el Observatorio Astronómico Nacional (OAN).</li> <li>2. Formar ingenieros geógrafos.</li> <li>3. Publicar trabajos pensados para la enseñanza de la astronomía y como apoyo para las comisiones geográficas.</li> <li>4. Laborar junto con el OAN para realizar trabajos astronómicos.</li> <li>5. Vigilar el funcionamiento de los relojes y cronómetros del Observatorio, y dar la hora para la Ciudad de México.</li> </ol>
1881-1891	Ingeniero geógrafo Leandro Fernández	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Intercambiar señales telegráficas con comisiones geográficas y el Observatorio Astronómico Nacional.</li> <li>2. Formar ingenieros geógrafos.</li> <li>3. Vigilar el funcionamiento de los relojes y cronómetros del Observatorio, y dar la hora para la Ciudad de México.</li> </ol>
1891-1892	A. Flores (ver nota 91)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Intercambiar señales telegráficas con comisiones geográficas y el Observatorio Astronómico Nacional.</li> <li>2. Formar ingenieros geógrafos.</li> <li>3. Vigilar el funcionamiento de los relojes y cronómetros del Observatorio, y dar la hora para la Ciudad de México.</li> </ol>
1893-189?	Ingeniero geógrafo Ezequiel Pérez	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Intercambiar señales telegráficas con comisiones geográficas y el Observatorio Astronómico Nacional.</li> <li>2. Formar ingenieros geógrafos.</li> <li>3. Vigilar el funcionamiento de los relojes y cronómetros del Observatorio, y dar la hora para la Ciudad de México.</li> </ol>

## APÉNDICE B. CUADRO DE ACTIVIDADES DEL OAN

<b>Resumen de las actividades realizadas en el Observatorio Astronómico Nacional (OAN) durante el periodo de 1876-1899. Fuente: <i>Anuarios del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya (1880-1899)</i>, Anguiano (1877, 1880a), Beltrán y Puga (1893a), AHUNAM-FOAN.</b>		
Periodo	Director	Actividades realizadas
1876-1881	Ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano (durante estos años el OAN se encontraba en el Castillo de Chapultepec)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Observar el tránsito de Mercurio por el disco solar.</li> <li>2. Obtener posición geográfica del Observatorio.</li> <li>3. Obtener datos de culminaciones lunares.</li> <li>4. Intercambiar señales telegráficas con comisiones geográficas y el Observatorio Astronómico Central (OAC).</li> <li>5. Laborar junto con el OAC para realizar trabajos astronómicos.</li> <li>6. Realizar observaciones meteorológicas.</li> <li>7. Determinar la hora y corregir los relojes del Observatorio.</li> <li>8. Elaborar el <i>Anuario</i> del OAN.</li> </ol>
1882-1899	Ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano (en 1883 se cambió la sede del OAN del Castillo de Chapultepec a Tacubaya)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Observar el tránsito de Venus por el disco solar.</li> <li>2. Realizar observaciones meteorológicas.</li> <li>3. Observar el paso de un cometa.</li> <li>4. Elaborar el <i>Anuario</i> del OAN.</li> <li>5. Instalar los nuevos instrumentos adquiridos y aprender a utilizarlos.</li> <li>6. Dar mantenimiento a los instrumentos del Observatorio.</li> <li>7. Elaborar el <i>Anuario</i> del OAN.</li> <li>8. Usar el Gran Ecuatorial para tomar fotografías astronómicas.</li> <li>9. Participar en el proyecto internacional Carta del Cielo.</li> <li>10. Asistir a Congresos astronómicos internacionales.</li> <li>11. Elaborar el <i>Boletín</i> del OAN.</li> <li>12. Observar y estudiar manchas solares, cometas, nebulosas, eclipses, asteroides.</li> <li>13. Determinar la hora y corregir los relojes del Observatorio.</li> <li>14. Intercambiar señales telegráficas con algunas comisiones geográficas.</li> <li>15. Observar estrellas para formar catálogos.</li> </ol>

## APÉNDICE C. PERSONAJES, INSTRUMENTOS Y PROYECTOS EN LOS QUE PARTICIPARON

<b>Personajes, instrumentos y proyectos en los que participaron en el periodo de 1856-1899.</b>			
Evento	Personajes	Instrumentos empleados <sup>134</sup>	Descripción del evento
Comisión del Valle de México (1856-1857)	1. Ingeniero geógrafo y topógrafo Francisco Díaz Covarrubias 2. Agrimensor e ingeniero topógrafo Manuel Fernández Leal 3. Capitán de ingenieros Marcos González	Telescopio cenital Anteojos de pasos Cronómetro marino Teodolito	Su tarea es levantar el plano del Valle de México.
Observatorio Astronómico Nacional (1862-1863)	1. Ingeniero geógrafo y topógrafo Francisco Díaz Covarrubias (director) 2. Ingeniero en minas Agustín Barroso (ayudante)		Se funda este observatorio. Sin embargo, en 1863 debido a la intervención francesa cierra y cesa sus labores.
Comisión Astronómica Mexicana (1874-1875)	1. Ingeniero geógrafo y topógrafo Francisco Díaz Covarrubias 2. Ingeniero geógrafo Francisco Jiménez 3. Agrimensor e ingeniero topógrafo Manuel Fernández Leal 4. Ingeniero en minas Agustín Barroso 5. Ingeniero civil y en minas Francisco Bulnes	Telescopio cenital Cronómetro marino Teodolito Telescopio refractor Cámara oscura	Esta comisión viaja a Japón para estudiar el tránsito de Venus de 1874.
Observatorio Astronómico Central (1877)	1. Ingeniero geógrafo Francisco Jiménez (director)	Anteojos de tránsito Telescopio cenital Cronógrafo Péndulo astronómico Altazimut	Se funda este observatorio nacional
Observatorio Astronómico Nacional (1878)	1. Ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano (director) 2. Francisco Girón (empleado) 3. Apolonio Romo (empleado)	Altazimut Telescopio cenital Péndulo astronómico Cronógrafo Cronómetro marino	Se funda este observatorio nacional

<sup>134</sup> Es importante mencionar que los instrumentos que aparecen en este cuadro no son todos los instrumentos que los ingenieros emplearon. Por cuestiones de espacio se escribieron los más representativos de cada evento.

Evento	Personajes	Instrumentos empleados	Descripción del evento
Cambio de director del OAC (1881)	1. Ingeniero geógrafo Leandro Fernández (director) 2. Ingeniero geógrafo Felipe Valle (practicante) 3. Ingeniero geógrafo y ensayador y apartador de minas Ezequiel Pérez (practicante)		Hay cambio de director del Observatorio Astronómico Central (OAC).
Viaje a Europa por parte del director del OAN 1881	1. Ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano		Anguiano realiza un viaje por observatorios europeos para comprar nuevos instrumentos e informarse de los preparativos que astrónomos europeos hicieron para observar el tránsito de Venus de 1882.
Tránsito de Venus (1882)	1. Ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano 2. Ingeniero geógrafo Felipe Valle 3. Teniente Coronel Teodoro Quintana 4. Teniente Coronel de Artillería Juan Quintas Arroyo	Telescopio con montura ecuatorial Espectroscopio Círculo meridiano Fotoheliógrafo	Ingenieros del Observatorio Astronómico Nacional (OAN) estudian el tránsito de Venus.
Cambio de sede del OAN (1883)	1. Ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano 2. Francisco Girón 3. Apolonio Romo 4. Ingeniero geógrafo Felipe Valle	Péndulo astronómico Cronógrafo Telescopio con montura ecuatorial Fotoheliógrafo Altazimut	Por órdenes del gobierno el OAN cambia su sede del Castillo de Chapultepec a Tacubaya.
Proyecto Carta del Cielo (1887)	1. Ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano 2. Ingeniero geógrafo Felipe Valle 3. Teniente Coronel Teodoro Quintana 4. Francisco Girón 5. Apolonio Romo	Telescopio con montura ecuatorial Fotoheliógrafo Círculo meridiano Péndulo astronómico Cronógrafo	El OAN es invitado a participar en el proyecto internacional "Carta del Cielo".
Segundo Congreso del proyecto Carta del Cielo (1889)	1. Ingeniero civil y arquitecto Ángel Anguiano 2. Teniente Coronel Teodoro Quintana	Ecuatorial fotográfico Cronógrafo Péndulo astronómico	Anguiano y Quintana asisten al segundo Congreso del proyecto "Carta del Cielo".

Evento	Personajes	Instrumentos empleados	Descripción del evento
Cambio de director del OAC (1891)	1. Ingeniero Flores (ver nota 91)		Hay cambio de director del OAC.
Proyecto Carta del Cielo (1892)	1. Ingeniero geógrafo Guillermo Beltrán y Puga	Ecuatorial fotográfico	Comienza la toma de placas fotográficas para el proyecto Carta del Cielo.
Cambio de director del OAC (1893)	1. Ingeniero geógrafo y ensayador y apartador de minas Ezequiel Pérez		Hay cambio de director del OAC.
Proyecto Carta del Cielo (1899-1900)	1. Ingeniero geógrafo Guillermo Beltrán y Puga 2. Ingeniero geógrafo Felipe Valle	Ecuatorial fotográfico Altazimut	Reanudan las tareas del proyecto Carta del Cielo.

## ARCHIVOS CONSULTADOS

Archivo Histórico del Palacio de Minería

AHPM

Archivo Histórico del Instituto de Astronomía. Fondo Arcadio Poveda

Archivo Histórico de la UNAM. Fondo Observatorio Astronómico  
Nacional

AHUNAM-FOAN

## BIBLIOGRAFÍA

AHR Conversation. 2009. "Historians and the Study of Material Culture." *American Historical Review* 114(5): 1355-1404.

Alcérreca, V. 1877a. "Memoria de los trabajos ejecutados en las Calzadas de la Capital, en los meses de Enero a Junio 1877" en *Memoria presentada al Congreso de la Unión por el Secretario de Estado y del despacho de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana. Corresponde al año transcurrido de Diciembre de 1876 a Noviembre de 1877*. pp. 66-67. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Alcérreca, V. 1877b. "Relación de los trabajos ejecutados en las calzadas de la Capital en los meses de Julio a Noviembre de 1877" en *Memoria presentada al Congreso de la Unión por el Secretario de Estado y del despacho de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana. Corresponde al año transcurrido de Diciembre de 1876 a Noviembre de 1877*. pp. 67-74. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Álvarez, Clara Luz. 2015. "Telecomunicaciones en el Porfiriato" en *Porfirio Díaz y el derecho. Balance crítico*, coords. Raúl Ávila et al., pp. 363-377. México: Cámara de Diputados e Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM.

Anderson, Katharine. 2013. "Beyond the Glass Cabinet: The History of Scientific Instruments." *Revista Electrónica de Fuentes y Archivos* 4(4): 34-46.

Anguiano, Ángel. 1877. "Informe que presenta el que suscribe al Ministerio de Fomento, sobre las construcciones emprendidas en Chapultepec" en *Memoria presentada al Congreso de la Unión por el Secretario de Estado y del despacho de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana. Corresponde al año transcurrido de Diciembre de 1876 a Noviembre de 1877*. pp. 492-494. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel. 1880a. *Primera memoria del Observatorio Astronómico Nacional establecido en Chapultepec*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1880b. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1881*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León

Anguiano, Ángel. 1882. *Viaje a Europa en Comisión Astronómica*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1883. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1884*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1885. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1886*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1887. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1888*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1888. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1889*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1890. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1891*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1891. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1892*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1892. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1893*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1893. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1894*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1895. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1896*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1897. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1898*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1898. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1899*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Anguiano, Ángel, ed. 1899. *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1900*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Aubin, David, Charlotte Bigg y H. Otto Sibum, eds. 2010. *The Heavens on Earth. Observatories and Astronomy in Nineteenth- Century Science and Culture*. Durham y Londres: Duke University Press.

Azuela, Luz Fernanda. 1996. *Tres sociedades científicas en el Porfiriato. Las disciplinas, las instituciones y las relaciones entre la ciencia y el poder*. México: Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, A.C.- Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl-Instituto de Geografía, UNAM.

Azuela, Luz Fernanda, y Claudia Morales. 2009. "Los Proyectos Geográficos de la Secretaría de Fomento del Porfiriato a la Revolución" en *El Quehacer Geográfico: instituciones y personajes (1876-1946)*, ed. José Omar Moncada y Patricia Gómez, pp. 33-48. México: Instituto de Geografía, UNAM.

Baigrie, Brian. 1995. "Scientific Practice: The View from the Tabletop" en *Scientific Practice. Theories and Stories of Doing Physics*, ed. Jed Buchwald. Estados Unidos: The University of Chicago Press.

Bartolucci, Jorge. 2000. *La modernización de la ciencia en México: el caso de los astrónomos*. México: Plaza y Valdés-UNAM.

Bartolucci, Jorge. 2013. "La astronomía y los Observatorios Astronómicos en México" en *La institucionalización de las disciplinas científicas en México (Siglos XVIII, XIX y XX): estudios de caso y metodología*, coords. Mina Kleiche-Dray, Judith Zueck y María Luisa Rodríguez-Sala, pp. 163-194. México: UNAM-Institute de recherche pour le développement.

Barroso, Agustín. 1875. "Informe presentado al Presidente de la Comisión Astronómica Mexicana, sobre los trabajos fotográficos efectuados en el Japón durante el tránsito de Venus de 1874 por el ingeniero de la Comisión D. Agustín Barroso" en *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*, pp. 414-432. México: Imprenta polígota de C. Ramiro y Ponce de León.

Bazant, Milada. 1984. "La enseñanza y la práctica de la ingeniería durante el porfiriato." *Historia Mexicana* 33(3): 254-297.

Beltrán y Puga, Guillermo. 1893a. *Descripción del Observatorio Astronómico N. de Tacubaya*. México: Oficina Tip. de la Secretaría de Fomento.

Beltrán y Puga, Guillermo. 1893b. "Departamento Astro-Fotográfico" en *Boletín del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya*. Tomo I, ed. Ángel Anguiano, pp. 211-224. México: Oficina Tipografica de la Secretaría de Fomento.

Bennett, Jim. 2011. "Early Modern Mathematical Instruments." *Isis* 102 (4): 697-705.

Bertomeu, José Ramón. 2015. "Expertos: nuevas perspectivas desde la historia y la sociología de las ciencias." *Revista Digital Universitaria (Online)* 16 (4).

Biagioli, Mario. 2008. *Galileo cortesano: la práctica de la ciencia en la cultura del absolutismo*. Traducido por María Victoria Rodil. Argentina, España: Katz conocimiento.

Biro, Susana. 2010. "The Birth of the Mexican National Astronomical Observatory" en *Astronomy and Its Instruments Before and After Galileo*, ed.

Luisa Pigatto y Valeria Zanini, pp. 365-376. Padova: International Astronomical Union-INAF Astronomical Observatory of Padova.

Biro, Susana. 2013. "Las historias de la astronomía en México" en *La Institucionalización de las disciplinas científicas en México (Siglos XVIII, XIX Y XX): estudios de caso y metodología*, ed. Mina Kleiche-Dray, Judith Zubieta, y María Luisa Rodríguez-Sala, pp. 417-433. México: UNAM- Institute de recherche pour le développement.

Blanco, Mireya y José Omar Moncada. 2011. "El Ministerio de Fomento, impulsor del estudio y el reconocimiento del territorio mexicano (1877-1898)." *Investigaciones Geográficas, UNAM* 74: 74-91.

Brower, Ann. 2010. "Material histories" en *The Oxford Handbook of Material Cultural Studies*, ed. Dan Hicks y Mary Beaudry, pp. 150-172. Oxford: Oxford University Press.

Bourguet, Marie-Noëlle, Christian Licoppe y Otto Sibum, eds. 2002. *Instruments, Travel and Science. Itineraries of precision from the seventeenth century to the twentieth century*. London y New York: Routledge.

Caballero Trejo, Nidya Fernanda. 2014. *El refugio de la memoria: la Comisión Mexicana de Límites entre México y Guatemala, 1878-1899*. México: Secretaria de Relaciones Exteriores.

Canales, Jimena. 2002. "Photogenic Venus: The 'Cinematographic Turn' and Its Alternatives in the Nineteenth-Century France." *Isis* 93(4): 585-613.

Canales, Jimena. 2009. *A Tenth of a Second: A History*. Chicago: University of Chicago Press.

Chinnici, Ileana. 1999. *La Carte du Ciel. Correspondance inédite conservée dans les archives de l'Observatoire de Paris*. Paris: Observatorio de París, Palermo: Observatorio de Palermo.

Cortés, José. 2007. "La Escuela Nacional Preparatoria de México y la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia: lectura comparada de dos proyectos educativos modernizadores; 1867-1878." *Anuario Colombiano de Historia Social y de la Cultura* 34: 323-383.

Collins, Harry. 2001. "What is tacit knowledge?" en *The Practice Turn in Contemporary Theory*, eds. Theodore Schatzki, Karin Knorr Cetina y Eike von Savigny, pp. 115-128. London y New York: Routledge.

Collins, Harry y Robert Evans. 2007. *Rethinking Expertise*. Chicago: The University of Chicago Press.

Craib, Raymond. 2000. "El discurso cartográfico en el México del Porfiriato" en *México a través de los mapas*, coord. Héctor Vargas, pp. 131-150. México: Plaza y Valdés e Instituto de Geografía, UNAM.

Daston, Lorraine y Elizabeth Lunbeck, eds. 2011. *Histories of Scientific Observation*. Chicago: The University of Chicago Press.

Daston, Lorraine. 2011. "The Empire of Observation, 1600-1800" en *Histories of Scientific Observation*, eds. Lorraine Daston y Elizabeth Lunbeck, pp. 81-113. Chicago: The University of Chicago Press.

De la Guardia, Mónica. 2015. "El Astrónomo Ángel Anguiano: un experto aprendiz." *Revista Digital Universitaria (Online)* 16 (4).

De la Guardia, Mónica. 2019. *Transferencias culturales en el Porfiriato: circulación, apropiación y recreación de un género. El Anuario del Observatorio Astronómico de México, de 1881 a 1900*. Tesis de doctorado en Filosofía de la Ciencia. UNAM.

De la Torre, Federico. 2010. *La ingeniería en Jalisco en el siglo XIX*. México: Universidad de Guadalajara, Centro de Enseñanza Industrial, Colegio de Ingenieros Cíviles de Jalisco A.C., Gobierno del Estado de Jalisco-Secretaría de Desarrollo Urbano.

Díaz Agustín. 1877. "Informe sobre el estado actual de la cartografía" en *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. Corresponde al año transcurrido de Diciembre de 1876 a Noviembre de 1877*. pp. 476-481. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Díaz Covarrubias, Francisco. 1857. "Dirección general de la Comisión para Levantar el Plano del Valle de México" en *Lecturas Geográficas Mexicanas siglo XIX* (2007), ed. Héctor Mendoza Vargas, pp. 41-50. México: UNAM.

Díaz Covarrubias, Francisco. 1859. *Determinación de la posición geográfica de México*. México: Tipografía de M. Castro.

Díaz Covarrubias, Francisco. 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.

Díaz Covarrubias, Francisco. 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 políglota de C. Ramiro y Ponce de León.

Dick, Steven. 1990. "Pulkovo Observatory and the National Observatory Movement: An Historical Overview" en *Inertial Coordinate System on the Sky*.

*International Astronomical Union*, ed. J. Lieske y V. Abalakin, pp. 29-38. Países Bajos: Springer.

García, Bernardo. 1975. "La Comisión Geográfico-Exploradora." *Historia Mexicana* 24(4): 485-555.

Gerritsen, Anne y Giorgio Riello. 2014. "Introduction: writing material cultural history" en *Writing material culture history* eds. Anne Gerritsen y Giorgio Riello, pp. 1-13. Londres: Bloomsbury.

Gómez Tepexicuapan, Amparo. 1994. *El castillo de Chapultepec en imágenes, 1864-1993*. México: INAH.

Guerra, François-Xavier. 1998. *México: del antiguo régimen a la Revolución*. México: Fondo de Cultura Económica.

*Historia General de México*. 2000. México: El Colegio de México.

Ibarra, Armando. 1994-1995. "Apuntes para una historia de la telecomunicación en México." *Comunicación y Sociedad* 22-23: 103-146.

Jiménez, Francisco. 1865. "Memoria sobre la determinación astronómica de San Juan Teotihuacán" en *Memoria de los trabajos ejecutados por la Comisión Científica de Pachuca en el año de 1864*. pp. 35-71 México: Imprenta de J. M. Andrade y F. Escalante.

Jiménez, Francisco y A. Anguiano. 1877. "Memoria sobre el establecimiento del Observatorio Astronómico Central" en *Memoria presentada al Congreso de la Unión por el Secretario de Estado y del despacho de Fomento, Colonización e Industria de la República Mexicana. Corresponde al año transcurrido de Diciembre de 1876 a Noviembre de 1877*. pp. 495-503. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Jiménez, Francisco. 1877. "El Telescopio y poder amplificador" en *Anales del Ministerio de Fomento de la República Mexicana año de 1877*. Tomo III. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Jiménez, Francisco. 1878. *Carta Celeste proyectada sobre el horizonte de México en cuatro planisferios*. México: Francisco Díaz de León.

Jiménez, Francisco y Leandro Fernández. 1880. "Determinación de la longitud del péndulo de segundos y de la gravedad en México a 2283m sobre el nivel del mar" en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística de la República Mexicana*. Tercera Época. Tomo V. pp. 22-79. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Jiménez, Francisco. 1881. "Memoria de los trabajos practicados de Enero de 1878 á Junio de 1880 en el Observatorio Astronómico Central" en *Anales del Ministerio de Fomento de la República mexicana. Tomo IV*. pp. 321-340. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Keenan, Philip. 1991. "The earliest National Observatories in Latin America." *Journal for the History of Astronomy* xxii: 21-30.

Lamy, Jerome, ed., 2008. *La Carte du Ciel. Histoire and actualité d'un project scientifique international*. Francia: l'Observatoire de Paris, EDP Science.

Lamy, Jerome. 2009. "Adjusting Astronomical Practices: The 'Carte du Ciel', the democratic rules and the circulation of opinions at the end 19th century." *Proceedings of the International Astronomical Union* 260:195-201.

Lankford, John. 1984. "The impact of photography on astronomy" en *The General History of Astronomy. Volume 4. Astrophysics and the twentieth-century astronomy to 1950: Part A*, ed. Owen Gingerich, pp. 16-39. Cambridge: Cambridge University Press.

Latour, Bruno. 1992. *Ciencia en acción: cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad*. Barcelona: Labor.

Limantour, José Yves. 1878. "Noticia sobre el Congreso Internacional de Ciencias Geográficas" en *Lecturas Geográficas Mexicanas Siglo XIX (2007)*, ed. Héctor Mendoza Vargas, pp. 117-138. México: UNAM.

Livingsstone, David. 2003. *Putting Science in its Place. Geographies of Scientific Knowledge*. Chicago: Universty of Chicago Press.

Martínez, Sergio. 2003. *Geografía de las prácticas científicas. Racionalidad, heurística y normatividad*. México: UNAM.

Mendoza Vargas, Héctor. 1993. "Los ingenieros geografos de México, 1823-1915." Tesis de maestría en Geografía. UNAM.

Mendoza Vargas, Héctor. 2000. "Francisco Díaz Covarrubias. 1833-1889" en *Geographers Biobibliographical Studies Volume 19*, ed. Patrick Armstrong y Geoffrey Martin, pp. 16-26. London y New York: Mansell.

Mendoza Vargas, Héctor, ed. 2007. *Lecturas Geográficas Mexicanas Siglo XIX*. México: UNAM.

Mendoza Vargas, Héctor. 2014. "El territorio y la innovación: la red telegráfica mexicana, 1850-1910." *Boletín de Investigaciones Geográficas* 84: 96-111.

Mireles, Ángel. 2010. "Científicos liberales lerdistas: análisis de la Comisión Astronómica Mexicana de 1874 a través de sus fuentes." Tesis de licenciatura en Historia. UNAM.

Mireles, Ángel. 2014. "La Carta del Cielo: un capítulo internacional de la ciencia mexicana." Tesis de maestría en Filosofía de la Ciencia. UNAM.

Moncada, José Omar. 1999. "La profesionalización de la geografía mexicana durante el siglo XIX." *Ería* 48: 63–74.

Moncada, José Omar. 2003. *El nacimiento de una disciplina: la geografía en México (Siglos XVI a XIX)*. México: Instituto de Geografía, UNAM.

Moncada, José Omar. 2004. "La obra de los ingenieros geógrafos mexicanos (1846-1950)." *ILUIL* 27: 95–116.

Moncada, José Omar e Irma Escamilla. 1993. "La geografía en México en el siglo XIX. Institucionalización y profesionalización." *Ciencia* 44: 269–78.

Moncada, José Omar et al. 1999. *Bibliografía geográfica mexicana. La obra de los ingenieros geógrafos*. México: Instituto de Geografía, UNAM.

Moncada, José Omar, Irma Escamilla y Lucero Morelos. 2010. "Ingenieros geógrafos y astronomía en el México del siglo XIX." en *La astronomía en México en el siglo XIX*, ed. María de la Paz Ramos y Marco Arturo Moreno, pp. 269-278. México: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM.

Moreno Corral, Marco Arturo. 1986a. "Algunos sucesos que dieron origen a la fundación definitiva del Observatorio Astronómico Nacional de México en 1878." *Quipu* 3(3): 299–309.

Moreno Corral, Marco Arturo. 1986b. "Viaje de la Comisión Mexicana al Japón para la observación del tránsito de Venus de 1874." en *Historia de la Astronomía en México*, ed. Marco Arturo Moreno Corral, pp. 169-190. México: Fondo de Cultura Económica.

Moreno Corral, Marco Arturo. 1988. "El Observatorio Astronómico Nacional y el desarrollo de la ciencia en México (1878-1910)." *Quipu* 5(1): 59–67.

Moreno Corral, Marco Arturo. 2003. "El Observatorio Astronómico Nacional en el Castillo de Chapultepec" en *Lajas Celestes: Astronomía e Historia en Chapultepec*, ed. Jesús Galindo Trejo, César Mera, pp. 191–239. México: CONACULTA-Instituto de Astronomía, UNAM.

Moreno Corral, Marco Arturo. 2007. "Saber astronómico en la enseñanza de los ingenieros mexicanos durante el siglo XIX" en *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX* ed. María de la Paz Ramos y Rigoberto Rodríguez, pp. 75-90. México: UNAM.

Moreno Corral, Marco Arturo. 2010. "El Observatorio Astronómico Central datos para su historia" en *La Astronomía en México en el siglo XIX*, ed. María de la Paz Ramos y Marco Arturo Moreno, pp. 149–168. México: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM.

Moreno Corral, Marco Arturo y Estela de Lara Andrade. 2004. "El Observatorio Astronómico Nacional. Una historia gráfica del OAN." Ensenada, México: CD del Instituto de Astronomía, UNAM.

Moreno y Anda, Manuel, trad., 1896. "La carta fotográfica del cielo", en *Boletín del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya*. Tomo I, ed. Ángel Anguiano, pp. 425-428. México: Oficina Tipografica de la Secretaria de Fomento.

Morus, Iwan. 2016. "Invisible Technicians, Instrument-Makers and Artisans" en *A Companion to the History of Science*, ed. Bernard Lightman, 97-110. Oxford: Wiley Blackwell.

Olesko, Kathryn. 1995. "The meaning of precision: the exact sensibility in early nineteenth-century germany" en *The Values of Precision*. ed. Norton Wise, pp. 103 -134. Estados Unidos: Princeton University Press.

Orozoco y Berra, Manuel. 1881. *Apuntes para la historia de la geografía en México*. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Ortiz de Ayala, Simón. 1832. "Plan sencillo y económico para la Carta General de la República Mexicana" en *Lecturas Geográficas Mexicanas Siglo XIX (2007)*, ed. Héctor Mendoza Vargas, pp. 13-18. México: UNAM.

Pacheco, Irys y María de la Paz Ramos. 2011. "Divulgación de la Astronomía a través de Algunas Revistas Mexicanas del Siglo XIX" en *Legado astronómico*, ed. Daniel Flores, Margarita Rosado y José Franco, pp. 22-30. México: UNAM.

Pang, Alex Soojung-Kim. 1997. 'Stars should henceforth register themselves': Astrophotography at the early Lick Observatory. *The British Journal for the History of Science* 30(2): 177-202.

Pang, Alex Soojung-Kim. 2002. *Empire and the sun. Victorian Solar Eclipse Expedition*. Stanford: Stanford University Press.

Pickering, Andrew. 1992. *The Mangle of Practice. Time, Agency and Science*. Chicago: The University of Chicago Press.

Pickering, Andrew, ed. 1995. *Science as Practice and Culture*. Chicago: The University of Chicago Press.

Pickering, Andrew. 2010. "Material culture and the dance of agency" en *The Oxford Handbook of Material Cultural Studies*, ed. Dan Hicks y Mary Beaudry, 191-208. Oxford: Oxford University Press.

Porter, Theodore. 1995. *Trust in Numbers: The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*. Princeton: Princeton University Press.

Ramos Lara, María de la Paz. 2007. "El Colegio de Minería, la Escuela Nacional de Ingenieros y su proyección en otras instituciones educativas de la Ciudad de México (siglo XIX)" en *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*, coord. María del Paz Ramos Lara y Rigoberto Rodríguez Benítez, pp. 21-45. México: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencia y Humanidades, UNAM.

Ramos Lara, María de la Paz. 2013. *Vicisitudes de la ingeniería en México*. México: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM.

Raposo, Pedro. 2013a. "Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century." *Journal of History of Science and Technology* 8: 69-104.

Raposo, Pedro. 2013b. "Surveyors of the Promised Land: hydrographical engineers and the techno-scientific resurgence of the Portuguese overseas empire." *Journal of History of Science and Technology* 7: 85-119.

Rodríguez, Rigoberto. 2007. "La formación de ingenieros en el Colegio Rosales 1874-1811" en *Formación de ingenieros en el México del siglo XIX*, coord. María del Paz Ramos Lara y Rigoberto Rodríguez Benítez, pp. 131-172. México: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencia y Humanidades, UNAM.

Sánchez, María, y María de la Paz Ramos. 2011. "La astronomía y su utilidad para la Secretaría de Fomento" en *Legado astronómico*, ed. Daniel Flores, Margarita Rosado y José Franco, pp. 31-37. México: UNAM.

Schaffer, Simon. 1988. "Astronomers Mark Time: Discipline and the Personal Equation." *Science in context* 2(1): 115-145.

Schaffer, Simon. 2011. "Easily Cracked. Scientific Instruments in States of Disrepair." *Isis* 102: 706-717.

Sibum, Otto. 1995. "Reworking the Mechanical Value of Heat: Instruments of Precision and Gestures of Accuracy in Early Victorian England." *Studies in History and Philosophy of Science* 26: 73-106.

Soule, George. 1935. "Standardization." *The Encyclopedia of the Social Sciences*. New York: Macmillan.

Tamayo, Luz María. 1999. "La frontera México-Estados Unidos. La conformación de un espacio durante el siglo XIX." Tesis de doctorado en Geografía. UNAM.

Tamayo, Luz María. 2001. *La geografía, arma científica para la defensa del territorio*. México: Instituto de Geografía, UNAM- Plaza y Valdés.

Tamayo, Luz María, y José Omar Moncada. 2009. "El conocimiento del territorio nacional. Los proyectos cartográficos científicos (1878-1960)" en *El quehacer geográfico: instituciones y personajes (1876-1946)*, ed. José Omar Moncada y Patricia Gómez, pp. 49–77. México: Instituto de Geografía, UNAM.

Taub, Liba. 2009. "Introduction: On Scientific Instruments." *Studies in History and Philosophy of Science* 40(4): 337-343.

Téllez, Enrique. 2003. "Observatorio Astronómico Nacional. Trabajos fotográficos y geográficos en el Observatorio Astronómico Nacional (1877-1899)". Tesis de maestría en Humanidades. UAM.

Tenorio, Mauricio. 1998. *Artifugio de la nación moderna. México en las exposiciones universales, 1880-1930*. Traducido por Germán Franco. México: Fondo de Cultura Económica.

Tenorio, Mauricio y Aurora Gómez. 2006. *El Porfiriato*. México: Centro de Investigación y Docencia Económicas-Fondo de Cultura Económica.

Tress, Mónica Christel. 2013. "Las observaciones de las manchas solares en el Observatorio Astronómico Nacional (1887-1946)." México: Tesis de licenciatura en Física. UNAM.

Urbán, Guadalupe. 2007. "La creación de la carrera de ingeniero agrónomo en México" en *Formación de los ingenieros en el México del siglo XIX*, coord. María del Paz Ramos Lara y Rigoberto Rodríguez Benítez, pp. 47-73. México: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencia y Humanidades, UNAM.

Valle, Felipe. 1887. "Informe presentado por el que suscribe al Señor Director del Observatorio Astronómico Nacional" en *Anuario del Observatorio Astronómico de Chapultepec para el año de 1888*, pp. 79-111. México: Imprenta de Francisco Díaz de León.

Van Helden, Albert. 1994. " Telescopes and Authority from Galileo to Cassini." *Osiris* 9: 8-29.

Vigil, Acela. 2008. "Anales de la Sociedad Humboldt (1870-1875)." *Boletín Mexicano de Historia y Filosofía de la Medicina* 11(2): 54-58.

Werrett, Simon. 2010. "The Astronomical Capital of the World: Pulkovo Observatory in the Russia of Tsar Nicholas I" en *The Heavens on Earth. Observatories and Astronomy in Nineteenth-Century Science and Culture* ed. David Aubin, Charlotte Bigg y Otto Sibum, pp. 33-57. Durham y Londres: Duke University Press.

Wise, Norton, ed. 1995. *The Values of Precision*. Princeton: Princeton University Press.

Zueck, Silvia. 2014. "Circulación del conocimiento científico en México: El Anuario del Observatorio Astronómico Nacional de Chapultepec (Primera época)". Tesis de doctorado en Pedagogía. UNAM.