



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Las observaciones de las manchas solares en el  
Observatorio Astronómico Nacional (1887-1946)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**F Í S I C A**

**P R E S E N T A :**

**Mónica Christel Tress Barojas**



**DIRECTORA DE TESIS:  
Dra Susana Biro McNichol  
2013**



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.

## Hoja de Datos del Jurado

### 1. Datos del alumno

Apellido paterno  
Apellido materno  
Nombre(s)  
Teléfono  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Carrera  
Número de cuenta

### 1. Datos del alumno

Tress  
Barojas  
Mónica Christel  
55 28 55 67 31  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Física  
408000381

### 2. Datos del tutor

Grado  
Nombre(s)  
Apellido paterno  
Apellido materno

### 2. Datos del tutor

Dra  
Susana  
Biro  
McNichol

### 3. Datos del sinodal 1

Grado  
Nombre(s)  
Apellido paterno  
Apellido materno

### 3. Datos del sinodal 1

Dr  
Luis  
Estrada  
Martínez

### 4. Datos del sinodal 2

Grado  
Nombre(s)  
Apellido paterno  
Apellido materno

### 4. Datos del sinodal 2

Dr  
José Ernesto  
Marquina  
Fábrega

### 5. Datos del sinodal 3

Grado  
Nombre(s)  
Apellido paterno  
Apellido materno

### 5. Datos del sinodal 3

Dra  
Gisela Tamhara  
Mateos  
González

### 6. Datos del sinodal 4

Grado  
Nombre(s)  
Apellido paterno  
Apellido materno

### 6. Datos del sinodal 4

Dr  
Leonardo Javier  
Sánchez  
Peniche

### 7. Datos del trabajo escrito.

Título  
Subtítulo  
Número de páginas  
Año

### 7. Datos del trabajo escrito

Las observaciones de las manchas solares en el Observatorio Astronómico Nacional (1887-1946)  
65  
2013

*Shut me down! Machines building machines. How perverse!*

**C3PO**

## Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a toda mi familia por el apoyo que siempre me han brindado, en todo momento. Especialmente a mis padres, que me permitieron y me ayudaron a cumplir mi sueño de realizar mis estudios en la UNAM. No hubiera podido realizar esto sin ustedes.

A la Dra Susana Biro por su tiempo y paciencia que tuvo conmigo para poder realizar este trabajo. Disfruté mucho realizar esta tesis. Muchas gracias.

Asimismo, quiero dar las gracias a mis sinodales que se tomaron el tiempo de leer y comentar este trabajo.

Al personal del Archivo Histórico de la UNAM, de la Biblioteca del IA y al Dr. Marco Moreno, por su ayuda en relación a fuentes que fueron utilizadas en este trabajo,

A Mónica, Liliana y Andrea, del seminario. Muchas gracias por leer mi trabajo, decirme sus comentarios y sugerencias. Ha sido un gusto conocerlas.

A mis amigos de la infancia, Ana y Marcos. Gracias, ya que, a pesar de que ya no vivamos en el mismo lugar, siempre he podido contar con ustedes.

También a mis amigos de la Facultad de Ciencias, los muppets. Sobrevivir a la Facultad sin ustedes, no hubiera sido posible.

A Gasperín, sólo puedo decir muchas gracias por todo.

A Mr. P y Mrs. S., porque obviamente nada de esto (fabric of space and time) existiría sin ellos.

# Índice

Introducción.....	2
1 Las prácticas de observación.....	4
2 Observatorio Astronómico Nacional (OAN).....	10
2.1 Estudios sobre la historia del OAN .....	10
2.2 Los inicios del OAN.....	12
2.3 Descripción del OAN .....	16
3 Observaciones de manchas solares en el OAN .....	23
3.1 Las observaciones solares en el contexto mundial .....	23
3.2 Las observaciones de manchas solares en México.....	28
3.3 Observaciones solares en el OAN .....	30
Conclusiones .....	51
Anexo 1.....	57
Bibliografía .....	62

# Introducción

El objetivo de esta tesis es realizar un estudio de las observaciones de las manchas solares que se realizaron en el Observatorio Astronómico Nacional. Para lograr esta tarea es necesario preguntarse cómo realizaron estas observaciones, quiénes las hicieron y porqué las hicieron. Con el fin de responder estas preguntas se consultaron diversas fuentes. Principalmente se consultó el Fondo del Observatorio Astronómico Nacional, así como la Biblioteca del Instituto de Astronomía, la Biblioteca Central y el Fondo Reservado de la Hemeroteca Nacional. Gracias a todos estos documentos encontrados, se pudo contar esta historia de una manera más completa. Asimismo, este trabajo se realizó bajo la perspectiva de la historia de las prácticas de observación. Lo que este trabajo aporta, es una mirada diferente, bajo la óptica de las prácticas de observación, la cual no había sido considerada hasta ahora. De la misma manera, se tiene una visión mucho más particular del Observatorio, de lo que se tenía anteriormente.

En el capítulo 1 de este trabajo, titulado las prácticas de observación, se estudiará en primer lugar lo que es la historia de la ciencia, y sus ángulos teóricos. Después, se revisará lo que son las prácticas y particularmente las prácticas de observación. Se dirá por qué este tema ha sido relegado de la historia de la ciencia, según Daston & Lunbeck (2011). Además, se verán cuáles son las prácticas y los aspectos de la observación.

Posteriormente, se tiene el capítulo 2, el cual trata al Observatorio Astronómico Nacional (OAN). En este capítulo, se hará una revisión de los estudios que se han hecho sobre el OAN. Asimismo, se considerará la historia del mismo Observatorio desde su inauguración hasta antes del periodo que abarca esta tesis. Se expondrá una descripción del Observatorio para darnos una idea de su situación mientras se realizaban las observaciones de las manchas solares. De esta manera, podemos saber cómo se dividían los departamentos, así como sus ubicaciones en el mismo edificio del Observatorio.

En el capítulo 3 se presenta el estudio que se hizo sobre las observaciones de manchas solares en el OAN. No obstante, antes de analizar esto, se revisarán las observaciones solares que se han realizado tanto en el mundo, como en México, para poder ubicar a las observaciones hechas en el OAN. La principal razón que se tenía para observar las manchas solares en el Observatorio, era asociar las mismas observaciones con el comportamiento del magnetismo terrestre. Sin embargo esto no se pudo realizar, por lo que se pueden distinguir otros tres objetivos a analizar: la morfología de la mancha, su posición sobre la superficie solar, así como compilar estadísticas de las manchas.

Finalmente, en el Anexo 1 se podrán encontrar tablas que resumen las observaciones realizadas (ya sean dibujos, placas fotográficas u otras representaciones), y una lista de los observadores de las manchas solares.

# CAPITULO 1

## Las prácticas de observación

La ciencia es una actividad humana, y como cualquier otro producto humano la ciencia tiene historia. Resulta importante entenderla como un producto histórico, para darse cuenta que el ser humano ha construido a la ciencia con esfuerzo, no de un día para otro. Comprender su pasado nos permite entender su estado actual. De esta misma manera, unir la ciencia con todos los diferentes contextos en los que se ha podido realizar, nos hace entender que lo que se ha construido es gracias a que estos mismos contextos permitieron y promovieron el trabajo científico (Ordoñez, 2001).

De la misma manera que la ciencia tiene su historia, la historia de la ciencia tiene la suya. Se puede decir que fue en el siglo XIX cuando surgió una historia de la ciencia con el científico y filósofo William Whewell publicó *History of the Inductive Sciences* (Historia de las ciencias inductivas) (Bowler y Morus, 2007). En el siglo XX fue cuando la historia de la ciencia empezó a obtener reconocimiento como una especialización académica. Más adelante, Thomas Kuhn escribió *La estructura de las revoluciones científicas* en 1962, en el cual realza la parte social de la ciencia (Bowler y Morus, 2007).

Posteriormente, se tuvieron distintas maneras de realizar historia de la ciencia, es decir, técnicas para ubicar a la ciencia en el espacio y el tiempo. La más importante que se tuvo fue un planteamiento basado en el estudio de la ciencia en su contexto. Se tomaban casos de estudio de la actividad científica para entender no sólo a la situación histórica, sino todo el entorno que compone a esta actividad científica (Secord, 2004).

Actualmente, se tienen varios ángulos analíticos que son abordados por la historia de la ciencia (Isis, 2010-2012). Los acercamientos teóricos se enfocan en lo filosófico, sociológico o retórico. Los acercamientos temáticos, por otro lado, son ciencia y la sociedad, la ética o la política, las artes, el género o raza, la religión y la guerra. Entre otros aspectos de la organización científica se tienen a las instituciones científicas, los instrumentos, las actividades

y las instituciones educativas. Las disciplinas que son estudiadas son diversas: historia de la filosofía, matemáticas, ciencias físicas, ciencias de la Tierra, ciencias biológicas, ciencias sociales, medicina y tecnología. Asimismo, uno de los ángulos más recientes es el de la historia de las prácticas en la ciencia. Para este trabajo, la práctica de la ciencia que nos concierne es la de observación. Antes de entrar de lleno a lo que son las prácticas de observación, es importante primero definir qué es una práctica en la ciencia.

Para el propósito de esta tesis, tenemos que el estudio de las prácticas en la historia de la ciencia busca una reconstrucción detallada de la manera en que los científicos trabajan como una técnica clave para entender la construcción de la ciencia. Estos estudios enfatizan el aspecto material del trabajo científico. Por ejemplo, los animales de laboratorio y los lugares de trabajo han recibido atención con base en esto. (Pang, 2012).

En este campo de las prácticas, tenemos una que ha sido muy importante para las ciencias modernas: la observación (Daston & Lunbeck, 2011). Esta práctica es esencial para casi cualquier actividad científica que se realice, ya sea observando con la ayuda de un telescopio o un microscopio, o sólo con el ojo humano. A pesar de esta evidente importancia, la historia de las observaciones ha sido dejada de lado como tema de investigación.

La principal razón por la que se ha olvidado a la historia de las prácticas de observación es la posición que ha tenido el experimento respecto a la observación (Daston & Lunbeck, 2011). Algunas ocasiones en contraposición, en otras trabajando juntas. Esta relación que existe entre la observación y la experimentación comenzó alrededor del siglo XVII. En el siglo XVIII, la observación y el experimento trabajaban juntos, ya que mediante la observación se conseguían preguntas que podían ser probadas con la ayuda de los experimentos, y los experimentos proponían más preguntas y observaciones por hacer. A pesar de que los dos trabajaban de manera conjunta, se tomaba a la observación como algo más fundamental. Es decir, "la observación descubría y discernía, mientras el experimento probaba" (Daston & Lunbeck, 2011).

Esto cambió a partir del inicio del siglo XIX, cuando los científicos comenzaron a preferir al experimento sobre la observación, ya que el experimento fue visto como una tarea

activa. En cambio, la observación quedó relegada a una actividad pasiva. Sólo era considerada como un registro de datos el cual era elaborado por los asistentes de los científicos. En contraste, el experimento exigía ideas por parte del científico. Lo que los científicos temían sobre la observación, es que podría ser viciada por las teorías que existieran en las mentes de los científicos. Como solución se proponía que las observaciones realizadas en los experimentos no estuvieran basadas en una idea o teoría, para que no fueran contaminados por estas últimas. No obstante, en el siglo XX, filósofos de la ciencia como Norwood Hanson y Thomas Kuhn, defendían el hecho que la observación científica estaba necesariamente cargada con una teoría en particular.

Por esta razón, la observación fue relegada como una actividad pasiva, y su historia no se consideró como un tema de investigación. Sin embargo, Daston & Lunbeck (2011) mencionan que "una vez que estas suposiciones fueron vistas como una forma de práctica científica, evidente tanto para su pasado como para su presente, este tema se convierte en un tema atractivo de investigación histórica". Asimismo, el análisis de la observación no solamente nos permite explorar a la observación, sino también investigar a otras prácticas científicas, particularmente el experimento. La observación tiene sus propios métodos y funciones. Para finales del siglo XVII, ciertos procedimientos especiales llevados a cabo por personas calificadas, distinguía a la observación científica de otro tipo de observación. Estas son las llamadas prácticas de observación (Daston, 2011).

Una práctica de observación importante es la repetición. A pesar de que observaciones continuas de la naturaleza se han hecho desde tiempos antiguos, métodos repetitivos de observación de un sólo objeto sólo se realizaron hasta el inicio de la edad moderna. Alrededor del siglo XVI surgió en la astronomía la repetición sistemática, gracias al astrónomo danés Tycho Brahe. Esta práctica consistía en observar el mismo objeto noche tras noche durante décadas. Gracias a esta nueva práctica, varios fenómenos de la naturaleza fueron descubiertos, fenómenos que sólo podían ser encontrados a través de observaciones durante largos periodos de tiempo. Sin embargo, se tenía el problema de que mientras más observaciones se tuvieran más discrepaban unas de otras. De cualquier modo, para mediados del siglo XVIII, toda observación científica era repetida.

De alguna manera u otra, desde hace mucho tiempo se han tomado notas de las observaciones que se realizan. Estas anotaciones sufrían cambios. Para ilustrar estos cambios, Daston (2011), habla sobre dos cuadernos de notas: uno propiedad de John Locke y el otro de Horace-Bénédict de Saussure. Con estos dos ejemplos compara dos maneras distintas de llevar un cuaderno de notas. El primero se asemejaba más a un libro o un compendio de diversos temas. El último era más similar a un diario, en el cual el autor anotaba las observaciones al momento, así como sus impresiones.

Otra práctica de observación es el hecho de prestar atención durante la observación. Observar es principalmente un ejercicio de atención. Se necesita una gran concentración para realizar observaciones exactas. El observador debe concentrarse en cada detalle del objeto a observar. De la misma manera, el observador debe regresar una y otra vez al mismo objeto de estudio para encontrar distintos detalles del objeto, o incluso distintas personas podrían realizar las observaciones.

La práctica de sintetizar y describir lo que se ha observado fue necesaria debido a la cantidad de detalle descriptivo que arrojaban las observaciones. Asimismo, el detalle con el que se registraron las observaciones podía decirnos sobre qué tan competente es el observador. La síntesis representa un problema, debido a que se tienen que unir todos los detalles del objeto observado para presentar la idea general del objeto, lo que podía llevar a situarlo en una serie o secuencia de objetos con descripciones similares. Para sintetizar toda la información obtenida del objeto, se tiene que realizar más de una ronda de observación. Con la ayuda de la primera ronda se selecciona lo más notable de lo observado. En la segunda se separa lo bueno de lo malo mediante comparaciones y correlaciones, buscando patrones y describiéndolos. Finalmente, con la tercera se sintetiza las características que ahora se sabe son las más importantes.

La observación se puede ver como una forma de razonar, como una manera de elaborar conjeturas (Daston, 2011). Las herramientas que se tienen para observar son sus prácticas: la repetición de la observación, la toma de notas y prestar atención durante la observación, así como la síntesis y la descripción de lo observado.

No solamente con las prácticas de observación se tiene todo el panorama de la observación científica. Para entender este estudio, Daston & Lunbeck (2011) nos dicen que es necesario considerar el entorno en el que se realizan las observaciones, es decir, las múltiples facetas de la observación científica: sus sitios (el observatorio, laboratorio, el consultorio), sus instrumentos (como el cuaderno y la tabla de datos); sus imágenes (los dibujos, la fotografía) y sus personajes. Uno de los principales aspectos de la observación es su rol como evidencia científica. Esto es claro debido a que la observación pretende obtener evidencia a partir de lo que se observa, ya sea para demostrar los fenómenos de la naturaleza o para afirmar o refutar alguna hipótesis. Para lograr esto se debe ver a la observación como una forma independiente de adquirir el conocimiento, con sus propios métodos y funciones.

Los científicos encargados de observar tienen técnicas para poder conocer el mundo. Estas técnicas se irán descartando o actualizando a medida que se desarrollen nuevos problemas a observar. Es decir, se actualizan técnicas para tratar de observar de la naturaleza lo que antes no se podía. Asimismo, el objeto que se observa es otra faceta interesante de la observación. Los observadores entrenan sus ojos para observar y elaboran nuevas maneras de entender estos nuevos objetos. En algunas ocasiones, decidir la manera de observar puede afectar qué objeto se estudia, por lo que la observación define de alguna manera a los objetos que se observan.

Otro aspecto importante de la observación son las comunidades. Para poder investigar todas las manifestaciones de la naturaleza es necesario más de una persona, y de hecho más de una vida. Asimismo, a pesar de que existan muchos científicos realizando esta tarea, también se necesita que los esfuerzos sean sistematizados, que la observación sea coordinada. Estas observaciones permanentes forman comunidades cuyo propósito es reclutar, motivar y coordinar a los observadores. Esto también tiene consecuencias sobre el tipo de observaciones que son producidas.

Un asunto importante es la validación que debía tener el OAN con respecto a otros observatorios, para poder ser aceptados en la comunidad científica, diferenciarse de los astrónomos amateurs y que el conocimiento generado, sus resultados, fueran reconocidos por

la comunidad internacional. Sin embargo, no se puede asegurar que el OAN se validó debido a la falta de material histórico.

Con la ayuda de este capítulo, tenemos ya una idea de lo que es la práctica de la observación, la cual no se limita al hecho de mirar. Ahora es conveniente, saber un poco más de la situación del OAN, para poder situar a las manchas solares en su contexto.

## CAPITULO 2

### Observatorio Astronómico Nacional (OAN)

En este capítulo expondré una revisión histórica del OAN para poder ubicar el lugar de este trabajo en los estudios que se han realizado sobre el observatorio. Asimismo, presentaré una descripción desde su apertura hasta el inicio del período que abarca este trabajo, para que se tenga una idea de la situación del OAN en el momento y poder situar el proyecto de observaciones de manchas solares en el contexto del mismo.

#### 2.1 Estudios sobre la historia del OAN

Conocemos el OAN gracias a los trabajos que se han hecho con respecto a la historia de la astronomía desde distintas perspectivas, y con distintas aportaciones. Veamos ahora, estos trabajos.

Para empezar, puedo mencionar que los primeros estudios sobre la historia de la astronomía en México fueron realizados por los mismos astrónomos. Sus textos consisten en la narración de las expediciones, de las observaciones, celebraciones y demás hechos astronómicos, por los mismos astrónomos que las vivieron. A pesar que estos textos no son considerados como producto de una investigación histórica, son valiosos ya que nos dicen cómo los astrónomos observaban y narraban sus propias situaciones..

El primer trabajo que fue realizado por astrónomos que no vivieron los hechos que narran, fue el trabajo que ha realizado el Dr. Marco Moreno Corral. Entre los principales temas que él desarrolla son sobre la fundación del Observatorio en Chapultepec, sobre los instrumentos utilizados y las aportaciones que ha tenido la astronomía mexicana en el panorama total de la ciencia en México (Moreno, 2003). Sobre el Observatorio, Moreno nos habla de los sucesos que dieron origen a su fundación en 1878, como el tránsito de Venus de 1874. De las contribuciones que puedo decir ha hecho este astrónomo es que él fue el primero en utilizar fuentes para realizar sus trabajos.

El siguiente trabajo que puedo señalar es sobre la comunidad astronómica mexicana. El Dr. Jorge Bartolucci fue el primero en observar esta comunidad, en su libro (*La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos*, 2000). La principal aportación de este autor a los estudios de la historia de la astronomía en México, es que fue el primero en utilizar una herramienta teórica para analizar el caso de la astronomía en México y en utilizar como fuente al Fondo del Observatorio Astronómico Nacional, que se encuentra resguardado en el Archivo Histórico de la UNAM. Bartolucci nos habla del OAN desde el inicio hasta la actualidad, con un énfasis en la comunidad científica.

Posteriormente, se tuvieron varios trabajos sobre la comunicación de la astronomía en México. Podemos mencionar los trabajos de la Dra. Susana Biro (Biro, 2010). Sus principales temas de investigación son el período inicial de la historia del Observatorio Astronómico Nacional y la comunicación pública de la ciencia, es decir, muestra el papel que juega el público en la ciencia. Una aportación importante es el hecho que esta autora utiliza material histórico nuevo del Fondo del Observatorio Astronómico Nacional (FOAN), debido a que se tiene más acceso.

En esta misma línea sobre la comunicación de la ciencia, se encuentra Javier Balbuena Guerrero con su tesis de licenciatura (Balbuena, 2010). Su tesis muestra que la ciencia se comunica con distintos actores fuera de la comunidad científica. En el caso de esta tesis, se habla del Ing. Joaquín Gallo Monterrubio, la sociedad mexicana, y su comunicación a través de la prensa. Este texto es otro ejemplo del análisis de la historia de la astronomía desde el punto de vista de la historia cultural de la ciencia.

Un proyecto de investigación sobre la historia de la Geografía en México que es importante para esta revisión, es el del Dr. José Omar Moncada Maya. Esto debido a que la profesionalización e institucionalización de la Geografía en México en el siglo XIX está íntimamente ligado con los predecesores de los astrónomos en México: los ingenieros geógrafos (Moncada y Escamilla, 1993). Es decir, los ingenieros geógrafos son los responsables de llevar a cabo la astronomía en México al final del siglo XIX e inicios del siglo XX.

También se tiene el tema de la institucionalización de la astronomía en México; esto es, de la creación material de espacios apropiados para desarrollar un programa de investigación de la astronomía. En este tema se tiene a Luis Téllez Fabiani. Téllez (2003), también habla sobre los instrumentos que se compraron en Europa para ser utilizados en el Observatorio Astronómico Nacional. Presenta algunos trabajos fotográficos que se realizaron en el Observatorio: tránsito de Venus y el proyecto Carta del Cielo. También habla sobre los trabajos geográficos: la astronomía de posición en la geografía mexicana, el Observatorio Astronómico Central y las primeras mediciones de latitud y longitud.

Ahora bien, el presente trabajo consistirá en el estudio de las manchas solares en el Observatorio de 1887 a 1946. Tiene una perspectiva diferente, porque se ve desde el punto de vista de las prácticas de observación. Esta visión enriquecerá el panorama debido a que nadie ha estudiado el tema de las observaciones solares que se hicieron. Además de que la perspectiva de las prácticas de la observación no ha sido considerada en México. Estas prácticas son los procedimientos que realizan los mismos astrónomos para observar. Es conveniente ahora presentar una descripción del OAN para situar las observaciones de las manchas solares en el contexto de este observatorio.

## **2.2 Los inicios del OAN**

Para hablar sobre el Observatorio Astronómico Nacional, primero es necesario hablar sobre el nacimiento de este observatorio y mencionar a los ingenieros geógrafos Francisco Díaz Covarrubias y Francisco Jiménez, quienes tenían un interés en la Astronomía. Estos dos ingenieros escribieron, en 1872, ensayos dirigidos al Senado para convencer al presidente Sebastián Lerdo de Tejada sobre la importancia de la astronomía. Lo que consiguieron fue el apoyo para financiar un viaje a Japón para observar el tránsito de Venus de 1874. La comisión estaba formada por cinco personas, incluidos Díaz Covarrubias y Jiménez. El día del tránsito todo funcionó a la perfección: tomaron el tiempo que duró el tránsito, tomaron fotografías, intercambiaron señales telegráficas, midieron el diámetro del Sol y Venus, y tuvieron tiempo de mostrar su equipo a los locales (Biro, 2010). Llegaron a México en donde había sucedido un cambio importante en el gobierno, el General Porfirio Díaz había sido nombrado presidente en

sustitución de Lerdo de Tejada. El nuevo ministro de Fomento, Vicente Riva Palacio, tuvo como responsabilidad reconocer y describir el territorio mexicano para la explotación de los recursos naturales y para establecer vías de comunicación. Es en esta institución en la que se establecieron tres observatorios en 1877: el Meteorológico, el Central (con propósitos geográficos) y el Observatorio Astronómico Nacional (OAN). Los primeros dos se instalaron en Palacio Nacional, la sede del Ejecutivo Federal en México.

El Observatorio Astronómico Nacional fue inaugurado en 1878 en el Castillo de Chapultepec, con Ángel Anguiano como director. Anguiano era un ingeniero civil que había trabajado previamente con el Ministerio de Fomento en expediciones de reconocimiento. En una carta de Anguiano al Presidente, él dijo que el Observatorio tenía un objetivo muy específico, la continuación del proyecto de observar el próximo tránsito de Venus en 1882, que sería observable desde México. (Biro, 2010).

Una de las primeras actividades que tuvo Ángel Anguiano como director fue ir a Europa para obtener instrumentos adecuados para la observación del tránsito de Venus. Además, visitó otros observatorios para aprender todo lo que pudiera de las instituciones. Le interesaba observar desde los instrumentos y proyectos astronómicos que desarrollaban en los observatorios, hasta la arquitectura y los métodos utilizados para realizar los proyectos.

En este viaje, Anguiano llegó primero a Londres, donde tenía algunos contactos, y encargó un telescopio meridiano a la compañía constructora de telescopios Troughton y Simms. Asimismo, se necesitaba un telescopio ecuatorial, pero esta compañía no podía construirlo en tan poco tiempo, por lo que le recomendaron a la constructora irlandesa Grubb (Biro, 2010).

Con el inicio de la construcción de los instrumentos que se necesitaban, Anguiano fue a visitar otros observatorios como el de Greenwich y Dublín. Durante seis meses visitó quince observatorios en Francia, Alemania, Italia y España. Durante este viaje, puso especial atención en las estructuras, los instrumentos y los proyectos, para traer a México ese conocimiento. En algunas visitas ya conocía a algún astrónomo en el observatorio, pero en otras, el director de un observatorio le escribía una carta de presentación para el siguiente.

Mientras que el director se encontraba realizando este viaje en Europa, Felipe Valle fue nombrado director interino. Gracias a él, Anguiano se enteró de que se planeaba mover el Observatorio de Chapultepec, debido a que la academia militar requería las instalaciones. Anguiano escribió a Porfirio Díaz pidiéndole su ayuda y logró posponer el cambio de instalaciones hasta después del tránsito de Venus.

La experiencia con este segundo tránsito de Venus no fue tan exitosa como la primera. A pesar de que los instrumentos llegaron a tiempo, que los astrónomos habían ensayado las mediciones que realizarían durante el tránsito y de que estos personajes estaban conscientes de las recomendaciones de la Conferencia Internacional del Tránsito de Venus; el tránsito no pudo ser observado. El cielo en la Ciudad de México estuvo nublado, y sólo algunas de las observaciones necesarias pudieron llevarse a cabo. Este tipo de contratiempos climáticos son bien conocidos por los astrónomos, pero no fueron bien recibidos por el Gobierno y el evento fue considerado como un fracaso.

El siguiente paso consistía en mudarse al palacio del Ex Arzobispado en Tacubaya, donde aún no había edificios para albergar a los instrumentos. Se trasladaron allí en enero de 1883. Sobre Tacubaya nos habla Guillermo B. y Puga (1893), astrónomo del Observatorio. Nos dice que las condiciones para poder establecer un Observatorio son la altura, el aislamiento y la firmeza del suelo, las cuales Tacubaya cumplía. Además, tendría el cielo despejado la mayor parte del año.

La construcción del Observatorio sólo se realizaba mientras se tenían recursos, terminándose la obra 17 años después. Mientras tanto, algunos instrumentos se encontraban en cajas o en algunas construcciones temporales en los jardines. La primera tarea que tenía este Observatorio era la de determinar su posición geográfica, para saber desde qué punto en la Tierra se observaba el cielo.

Poco después de la mudanza a Tacubaya, el resto de los instrumentos comenzaron a llegar de Europa. El telescopio ecuatorial, el instrumento más grande, fue el único que llegó en mal estado debido al viaje. Por alguna razón, el agua había entrado en la envoltura del telescopio, por lo que las partes metálicas estaban oxidadas y parcialmente destruidas (Biro,

2010). Finalmente, en 1886 su limpieza y compostura fue terminada, pudiendo iniciar los trabajos con este telescopio. Durante este período marcado con cierta inestabilidad debido a la reciente mudanza, las principales observaciones astronómicas fueron de asteroides, cometas, manchas solares y algunos eclipses.

Desde 1882, Anguiano inició la publicación del *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya*. Este anuario tenía como intención un uso popular, es decir, estaba dirigido a la mayoría de la población. Sin embargo, poco después se convirtió en una forma de transmitir varios tipos de información, como informes por parte del Observatorio, resultados de las observaciones astronómicas, y los datos o fórmulas necesarias para la astronomía práctica. La naturaleza de esta publicación cambió nuevamente algunos años después cuando apareció una nueva: *el Boletín del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya*. Este contenía los resultados y datos del trabajo astronómico y esto permitió que el *Anuario* pudiera regresar a sus intenciones originales. En esa época, era común intercambiar publicaciones entre los distintos observatorios, por lo que el observatorio lo hacía con diversos observatorios de Europa y Asia. Esto nos dice que el Observatorio se encontraba conectado con otros observatorios alrededor del mundo.

Durante este período inicial, no tuvieron el suficiente personal entrenado. El Observatorio tenía, aparte del director, tres astrónomos y un calculador. En el mejor de los casos, estos astrónomos eran ingenieros geógrafos, aunque algunos habían sido promovidos de tareas menores, cuando se consideraba que eran capaces. Debido a la baja paga, al largo horario de trabajo y a lo distante que se encontraba el observatorio de la Ciudad de México, era complicado tener una continuidad con el personal. Otro factor era debido a que había pocos ingenieros geógrafos en ese momento en México y éstos continuamente tenían que retirarse de sus actividades en el Observatorio para apoyar en algún proyecto geográfico.

Alrededor de 1885, el director Ángel Anguiano invitó al Teniente Coronel Teodoro Quintana, fotógrafo de la Guardia Presidencial, a unirse al Observatorio. Para 1885, Quintana había aprendido a usar el Ftoheliógrafo, que se había sido adquirido para el tránsito de Venus de 1882. Muy pronto, Quintana había producido buenas fotografías. Anguiano circuló estas fotografías entre los astrónomos del mundo para recibir consejos sobre astrofotografía. Una

fotografía de la Luna fue enviada al director del Observatorio de Paris, Amedee Mouchez. Debido a esta fotografía, y a pesar de que la Conferencia Astrográfica ya había ocurrido, México fue invitado a un proyecto llamado Carte du Ciel.

El proyecto Carta del Cielo consistía básicamente en realizar un mapa de todo el cielo y un catálogo de estrellas utilizando la fotografía. Diferentes partes del cielo fueron divididas por latitud y éstas fueron asignadas a distintos observatorios dependiendo de sus posiciones geográficas. Cada observatorio tenía que realizar un conjunto de placas que incluyeran hasta estrellas de magnitud 11 y otro conjunto de placas hasta magnitud 14. La participación de México fue conveniente debido a que Tacubaya era el observatorio más austral del hemisferio norte, ya que podían observar la zona comprendida desde  $-10^{\circ}$  a  $-16^{\circ}$ . Para participar en este proyecto, Tacubaya necesitaba un telescopio que cumpliera con las especificaciones de Carta del Cielo, por lo que el gobierno facilitó el dinero y Anguiano viajó nuevamente a Europa. Este telescopio fue construido por la constructora Grubb, y llegó a México en 1889.

### **2.3 Descripción del OAN**

Sobre el Observatorio, Puga (1893) publica un mapa del Observatorio. Este mapa describe cómo se organizaba el Observatorio en ese momento. Es importante mencionar que no existía un departamento o un espacio en el Observatorio el cual estuviera completamente dedicado a la observación de las manchas solares.

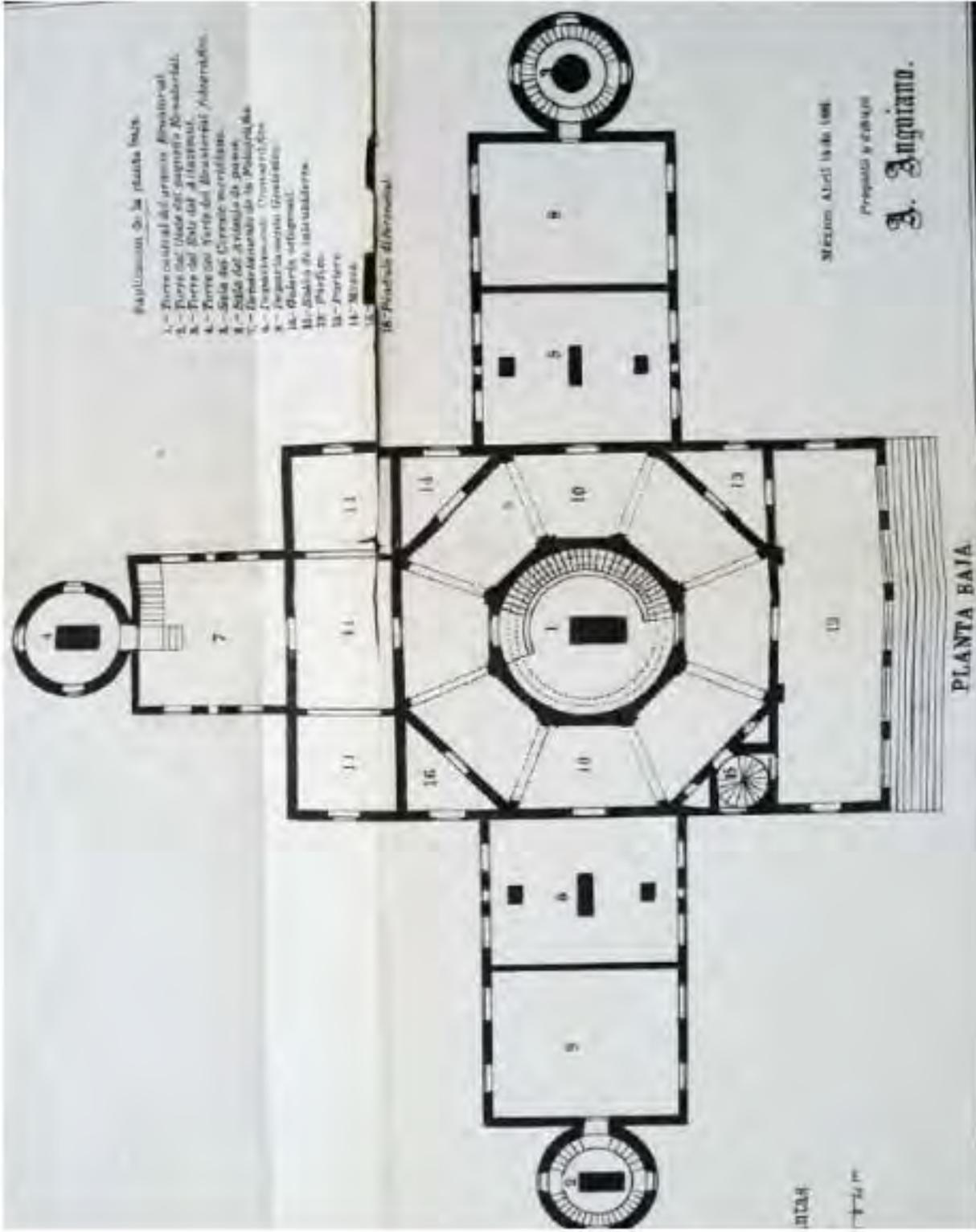


Figura 2.1. Planta baja del observatorio. 1.- Torre central del observatorio grande. 2.- Torre del Eje del Ecuador. 3.- Torre del Eje del Atlántico. 4.- Torre del Norte del Ecuador. 5.- Sala del Círculo Meridiano. 6.- Sala del Círculo Equatorial. 7.- Dependencias de la Oficina. 8.- Dependencias de la Oficina. 9.- Departamento de Observación. 10.- Sala de conferencias. 11.- Sala de conferencias. 12.- Sala de conferencias. 13.- Sala de conferencias. 14.- Sala de conferencias. 15.- Sala de conferencias. 16.- Sala de conferencias.

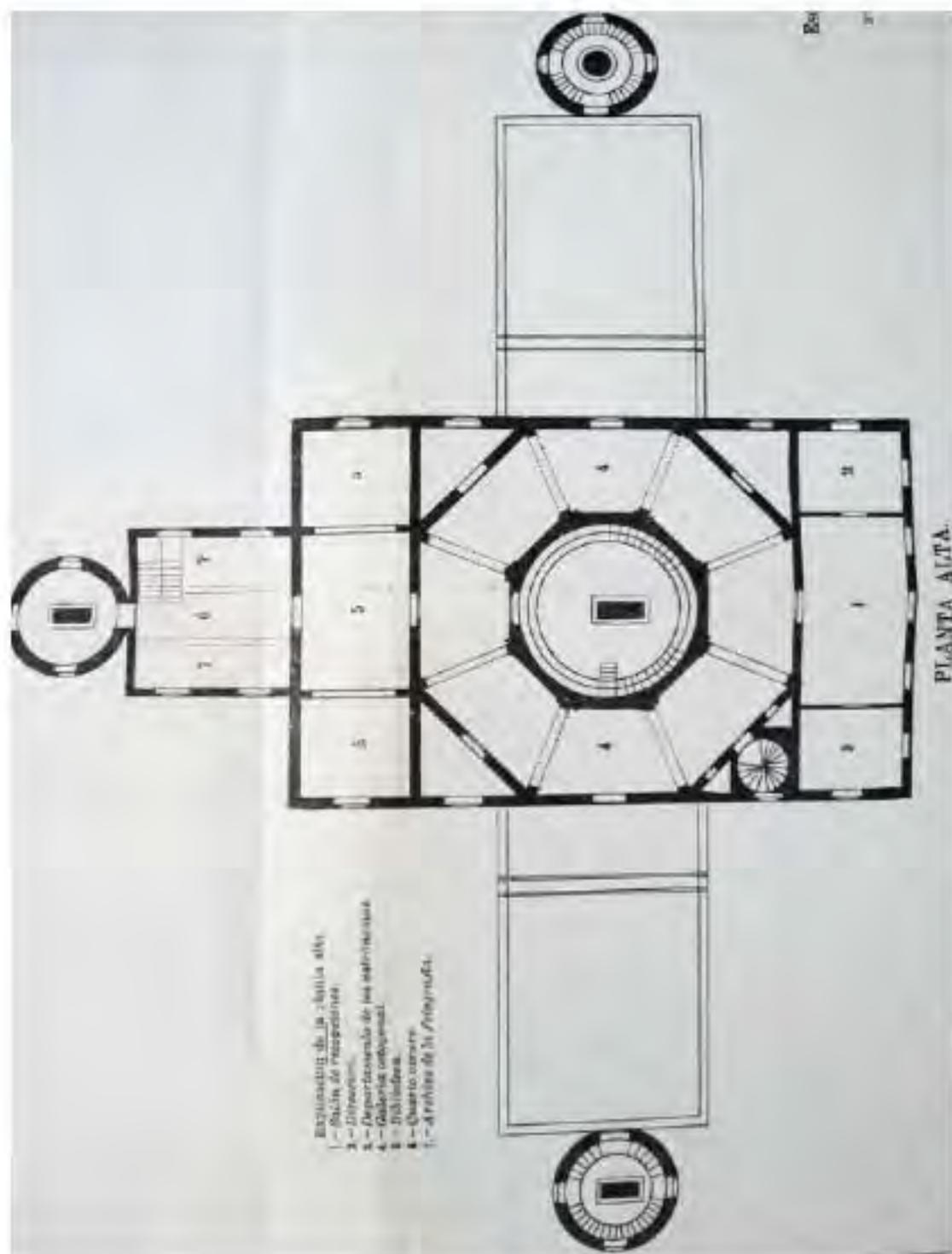


Figura 2.2 Planta alta del edificio. 1.- Salón de recepciones. 2.- Dirección. 3.- Departamento de los astrónomos. 4 Galería octogonal. 5.- Biblioteca. 6.- Cuarto oscuro. 7.- Archivo de la fotografía. Extrait de: Puga (1993).

El proyecto para el edificio del observatorio constaba de un cuerpo central, de dos departamentos laterales y uno posterior. Este edificio estaba formado de ladrillo, descansando sobre rocas basálticas que son las que formaban los cimientos. Cada instrumento se encontraba en una Torre, como se puede observar de la Figura 2.1: la torre central del Ecuatorial (1), la torre del Oeste del pequeño ecuatorial (2), la torre del Este del Altazimut (2) y la torre norte del Ecuatorial fotográfico (4). Asimismo, se tenía una sala para el Círculo Meridiano (5). Además, el Observatorio se dividía en el departamento de la Fotografía (7), Cronográfico (8), Magnético y Geodésico (9). A cada instrumento le correspondía un departamento (*Anuario*, 1893).

Ahora veamos los instrumentos y sus funciones. El telescopio ecuatorial del Observatorio fue construido en Dublín por la constructora Grubb. Las primeras observaciones a las que estaba dedicado este instrumento eran todas las relativas a los pequeños planetas y cometas, así como también a las manchas del Sol.

El siguiente instrumento principal era el círculo meridiano y fue construido por compañía Throughton y Simms de Londres. El círculo meridiano se utilizaba principalmente en la formación de catálogos de estrellas y observaciones meridianas del Sol para la determinación del equinoccio. Sobre el ecuatorial fotográfico, Guillermo Puga (1893) menciona que era de menores dimensiones que el gran ecuatorial pero superior en calidad y en construcción. Era utilizado para tomar fotografías para Carta del Cielo.

El fotoheliógrafo era el instrumento que servía para tomar fotografías del Sol. También era utilizado para tomar fotografías de la Luna o de algún otro astro muy luminoso. Guillermo Puga nos dice que eran muchos los trabajos que se realizaban con estos instrumentos relativos a las manchas del Sol; pero los más importantes fueron los relativos al Tránsito de Venus del día 6 de diciembre de 1882 y el paso de Mercurio del 7 de noviembre de 1881.

Otro instrumento es el pequeño ecuatorial, este instrumento se adquirió con el motivo del tránsito de Venus del año de 1882. La Conferencia Internacional Astronómica dictó algunas

disposiciones para uniformar los métodos de observación de dicho fenómeno y conforme a esas disposiciones la constructora Grubb construyó varios ecuatoriales, incluido éste.

El telescopio altazimut que poseía el Observatorio fue construido por la compañía Troughton y Simms de Londres. Al inicio, éste fue el instrumento de mayor precisión del Observatorio, por lo que fue utilizado por Anguiano para fijar la latitud del Observatorio y para fijar la longitud del Observatorio respecto a St. Louis Missouri.

Como su nombre lo dice, el departamento Cronográfico era donde se registraban todas las observaciones cronográficas, por ejemplo, medir el tiempo sidéreo. En este departamento se hallaba también una instalación telegráfica que ponía en comunicación al Observatorio y diversos puntos de la República.

Asimismo, se tenía el departamento magnético. La principal actividad era la estimación de las componentes horizontales y verticales de la fuerza magnética. Los instrumentos que se empleaban era un magnetómetro modelo de Kew, y una brújula de inclinación también de Kew.

También se llevaba un registro de las variaciones de los principales elementos meteorológicos. Se utilizaba un termómetro registrador y un barógrafo de Richard. Asimismo, se anotaba la dirección y velocidad del viento, la dirección y cantidad de nubes, la cantidad de vapor de agua en la atmósfera, la cantidad de lluvia y la temperatura del subsuelo a diversas profundidades.

Finalmente, la Biblioteca que poseía el Observatorio se había formado tanto por el canje con las publicaciones del Observatorio, como por la compra de libros. Hasta 1892, había 3000 volúmenes y se recibían más de 407 publicaciones periódicas.



**Figura 2.3.** Esta es una fotografía del Observatorio Astronómico Nacional en Tacubaya, ya terminado en 1900. La imagen proviene del Archivo UNAM.

El observatorio cambió poco desde ese momento a 1940. En 1900 Ángel Anguiano dejó la dirección del Observatorio para convertirse en el director de la Comisión Nacional Geodésica. Durante su dirección, el Observatorio se fundó y se consolidó. El siguiente director del Observatorio fue Felipe Valle, de 1900-1910. Con él, se inició la carta magnética en México y una estación sismológica. Para 1910, Valentín Gama tomaba la dirección del Observatorio, y con él se iniciaron las observaciones actinométricas (cantidad de radiación incidente sobre la Tierra) y la nueva impresión del *Boletín del Observatorio*. Finalmente, Joaquín Gallo fue director de 1914 a 1946. Durante este período se dio la unificación de la hora en todo el país, así como la impresión del *Catálogo Astrofotográfico*, el cierre del Observatorio algunos meses

en 1915, los trabajos en Astrometría (determinación de posiciones de los astros) y en espectroscopía (observaciones con un espectroscopio); entre otros (Gallo, 1958).

Es dentro de este panorama en el que este trabajo sobre las observaciones de manchas solares se inserta. Aunque este proyecto no era el principal para el observatorio, se llevó a cabo durante varios años: desde el año de 1892, que son los últimos años de Anguiano como Director, hasta 1945 con Gallo en esa función. Un ejemplo del papel que jugaba este proyecto, es el informe de 1889 de Felipe Valle al Ministerio de Fomento sobre las labores del Observatorio. En este informe de ocho páginas, solamente existe una pequeña mención sobre las manchas solares, en la cual se señala que las manchas solares fueron observadas con toda regularidad, menos los días en el que estado atmosférico lo impedía o se hacía mantenimiento al telescopio.

Asimismo, al inicio del periodo que abarca esta tesis, el tipo de observaciones de manchas solares que se realizaba en el OAN era relevante y actual. Por ejemplo, en 1874 el Real Observatorio de Greenwich comenzó a realizar observaciones detalladas de las manchas solares, con información sobre su tamaño o posición. Sin embargo, durante la primera mitad del siglo XX y gracias al espectroscopio, las observaciones de las manchas fueron cambiando. El Observatorio continuó con el mismo tipo de observaciones, al no contar con los instrumentos necesarios.

# CAPITULO 3

## Observaciones de manchas solares en el OAN

En este capítulo revisaré las observaciones solares en un contexto mundial, así como las observaciones solares que fueron hechas en México, para finalmente explicar las observaciones de manchas solares realizadas en el Observatorio Astronómico Nacional. Esto es importante debido a que es necesario situar a las observaciones en su particular entorno, como fue mencionado en el capítulo 1. Conocer el pasado de las observaciones solares, tanto en México como en el mundo, nos ayuda a entender mejor a las observaciones estudiadas en este trabajo.

### 3.1 Las observaciones solares en el contexto mundial

En esta sección, revisaré el desarrollo de las observaciones de las manchas solares desde el siglo IV a.C. hasta inicios del siglo XX, para dar una idea de la evolución de la física solar en general.

La primera referencia conocida a las manchas solares data del siglo IV a.C. y es atribuida a Teofrasto de Atenas (370 -290 a.C.), un pupilo de Aristóteles. Sin embargo, los primeros registros sistemáticos sobre manchas solares observadas a simple vista provienen de China, hay al menos 112 descripciones de manchas solares sobresalientes en las historias oficiales chinas (Bray y Loughhead, 1965). En los registros occidentales, las referencias que se tienen de observaciones a simple vista son poco comunes. Se ha sugerido que esto es consecuencia del gran respeto que se le tenía a las enseñanzas de Aristóteles, quien sostenía que el Sol era un cuerpo perfecto sin manchas.

El inicio de lo que posteriormente se conocería como Física Solar, comenzó en 1610 cuando las manchas solares fueron observadas no a simple vista, sino a través de un telescopio. Las personas que realizaron estas observaciones fueron: Johann Goldsmid (1587-1616) en Holanda, Galileo Galilei (1564-1642) en Italia, Christopher Scheiner (1575-1650) en Alemania y Thomas Harriot (1560-1621) en Inglaterra.

Johann Goldsmid publicó con el nombre de Fabricus. Su padre conocía a Tycho Brahe y era amigo de Johann Kepler, por lo que Goldsmid creció en un ambiente "astronómico". Su equipo era inferior al de Galileo, pero Fabricus infirió de sus observaciones que el Sol rotaba.

Christopher Scheiner, un padre jesuita, pensó que las manchas solares se trataban de planetas, al observarlas por primera vez. Reportó su descubrimiento a sus superiores, pero éstos se negaron a creer su descubrimiento.

Galileo Galilei (1564-1642) era un astrónomo italiano que construyó su propio telescopio en 1609. Fue el responsable en desechar la idea de que las manchas fueran en realidad pequeños planetas orbitando alrededor del Sol; argumentando, por ejemplo, que las manchas tenían cambios observables, como en el tamaño o forma. Galileo mostró no sólo esto, sino que dedujo de sus observaciones el hecho que el Sol gira alrededor de un eje fijo, con un periodo aproximado de un mes lunar. También se dio cuenta de que las manchas frecuentemente ocurrían en grupos y que las manchas dentro de un mismo grupo se movían unas con respecto de otras. Finalmente, encontró que las manchas se encontraban confinadas a dos "cinturones" relativamente estrechos, adyacentes al ecuador solar.

Finalmente, se tiene a Thomas Harriot. No sobrevive mucho de su trabajo, pero se sabe que él realizó la primera observación registrada por medio de un telescopio, en 1610 (Hufbauer, 1991).

En la segunda mitad del siglo XVII, los astrónomos aumentaron la precisión de sus instrumentos y técnicas, como por ejemplo el telescopio astronómico (Hufbauer, 1991). En 1670, los astrónomos copernicanos estaban ansiosos por reducir la incertidumbre respecto a la distancia al Sol, en gran parte como consecuencia de la tendencia hacia una mayor precisión. Las cifras que tenían para esta cantidad variaban desde 7 300 a 25 000 radios terrestres. Este rango correspondía a la estimación del llamado paralaje solar, que es el ángulo que se forma entre el radio terrestre y la distancia de la Tierra al Sol. El problema consistía en que los métodos que los griegos habían desarrollado para determinar el paralaje solar no eran adecuados para mediciones directas de ángulos tan pequeños.

En 1678, el astrónomo inglés Edmond Halley (1656-1742), propuso por primera vez utilizar el tránsito de Venus como método para determinar la paralaje de este planeta, y después el solar. Halley argumentaba que las diferencias en el cronometraje del tránsito, al ser visto desde distintos sitios alrededor de la Tierra, podrían dar una cifra precisa sobre la paralaje.

El siguiente par de tránsitos serían en 1761 y 1769. El día 6 de junio de 1761, 120 científicos en 62 estaciones diferentes, observaron el tránsito de Venus. Sin embargo, los datos no arrojaron un valor definitivo sobre la paralaje solar. Esta discordancia entre los valores se debía principalmente a dos razones. La primera es que era difícil determinar los tiempos exactos en que Venus entra y sale del disco solar. La segunda razón radica en que era complicado para los astrónomos utilizar la información obtenida del tránsito, cuando no se tenían las coordenadas correctas para el lugar donde se realizaron las observaciones.

Para finales del siglo XVIII William Herschel (1738-1822) un astrónomo de origen alemán, ya tenía su propia concepción del Sol. Herschel creía que las manchas solares daban atisbos de que debajo del exterior brillante, existía un núcleo sólido y oscuro. Además, tenía la idea que todas las estrellas eran físicamente como el Sol. Herschel dio pauta a futuras líneas de investigación sobre el Sol, principalmente sobre el movimiento del Sol, su estructura física, su variabilidad, su radiación infrarroja y su posible origen.

En el inicio del siglo XIX se tenían programas de observación solar, principalmente un esquema de observación permanente de manchas solares, para vigilar el comportamiento solar. Un científico que realizó una observación permanente de manchas solares fue Heinrich Schwabe (1789-1875), un boticario alemán y astrónomo amateur. En 1826, Schwabe, compró un telescopio para observar el Sol. Su objetivo era buscar un posible planeta dentro de la órbita de Mercurio. Él creía que si existía este planeta, eventualmente cruzaría enfrente del Sol, por lo que cuidadosamente registró el número de manchas solares por 43 años. En 1851, elaboró una tabla con las estadísticas de las manchas solares desde 1826, es decir, tablas con las características más importantes de las manchas, demostrando la existencia de un ciclo de manchas solares que dura aproximadamente 10 años.

Este descubrimiento fue particularmente interesante para Richard Carrington (1826-1875). Carrington fue un astrónomo inglés, y estableció en 1853 su observatorio privado donde realizó observaciones para un catálogo de estrellas. Desde 1853 a 1861, también realizó numerosas observaciones de manchas solares que publicó en 1863. Una de sus principales contribuciones fue el descubrimiento de que la latitud promedio de las manchas disminuye de forma constante desde el principio hasta el final de cada ciclo solar, es decir, al inicio del ciclo, las manchas solares aparecen en las latitudes más altas y luego avanzan hacia el ecuador solar cuando el ciclo se acerca a su fin.

Rudolf Wolf (1816-1893) era un astrónomo suizo que buscaba confirmación sobre los descubrimientos de Schwabe, por lo que revisó todos los registros de observaciones de manchas solares desde tiempos de Galileo. Fue capaz de obtener una mejor estimación para la duración promedio del ciclo de manchas solares: 11 años.

El descubrimiento de Carrington sobre la latitud de las manchas solares normalmente es referido como la ley de Spörer, debido a que el astrónomo alemán, Gustav Spörer (1822-1896) fue responsable de investigar este descubrimiento a más a detalle e independientemente. Spörer comenzó a observar las manchas solares en 1860 con el objetivo de determinar una ley para la rotación solar.

A pesar de que estos descubrimientos se realizaron con técnicas tradicionales (telescopios), algunos científicos creían que el futuro del monitoreo solar era la fotografía (Hufbauer, 1991). El primer registro exitoso del Sol fue un daguerrotipo tomado por los físicos H. Fizeau y L. Foucault en París, el 2 de abril de 1845. En 1857, la Royal Society le pidió al grabador inglés y astrónomo amateur Warren de la Rue (1815-1889) diseñar un telescopio para la fotografía solar que iba a ser utilizado en el observatorio Kew. Él era pionero en la astrofotografía y en observaciones solares. El ftoheliógrafo fue construido por el óptico Andrew Ross e instalado en el Observatorio Kew en 1858. Un ftoheliógrafo es un telescopio en donde la luz blanca del Sol es registrada en una placa fotográfica. Con la ayuda de Warren de la Rue y Balfour Stewart se inició el registro diario de manchas solares hasta 1872, cuando se trasladó el ftoheliógrafo al Observatorio de Greenwich. Otro ftoheliógrafo fue construido por la compañía Dallmeyer en 1874, para el tránsito de Venus de ese mismo año. Este

fotoheliógrafo es el instrumento con el que contaba el Observatorio Astronómico Nacional para observar el tránsito de Venus de 1882, y con el que posteriormente, se realizaron las observaciones de manchas solares.

En 1860, gracias al establecimiento por parte de los astrónomos de programas de observación solar, y también a la creación de nuevos instrumentos, se creó una nueva especialidad dedicada a la investigación del Sol. Para 1870, ya se le llamaba a esta especialidad “física solar”, debido al interés en la estructura y comportamiento del Sol (Hufbauer, 1991).

George Hale (1868-1938), nació en Chicago, estudió Ingeniería en el Massachusetts Institute of Technology, e hizo grandes avances en la física solar. Hale es reconocido por inventar la fotografía solar monocromática<sup>1</sup>, por demostrar la presencia de campos magnéticos en las manchas solares y por establecer nuevos observatorios, revistas y organizaciones sobre el tema. El primer descubrimiento fue resultado del estudio fotográfico del espectro de las manchas solares. Hale tenía como hipótesis que las manchas poseían una menor temperatura que la fotosfera solar. El segundo descubrimiento fue el hecho de observar que alrededor de las manchas, se tenía una estructura de vórtices, lo que lo llevó a pensar en buscar un campo magnético en las manchas solares.

Entre 1910 y 1940, los científicos interesados en la física solar dedicaron mucha energía a monitorear el comportamiento del Sol (Hufbauer, 1991). Para el inicio de este periodo, las estadísticas de las manchas solares eran emitidas por el Observatorio de Greenwich, basadas en un monitoreo fotográfico y por el Observatorio Suizo Federal, por lo que se necesitaba que más países participaran en las observaciones para tener un mejor monitoreo del comportamiento solar. Para alcanzar esta meta se realizó una primera reunión de científicos, que se llevó a cabo después de la Gran Guerra, en julio de 1919. En esta reunión se constituyó la Unión Astronómica Internacional, y se crearon 32 comisiones para diversas disciplinas astronómicas. Seis de estas comisiones fueron relativas al Sol: rotación solar, radiación solar, movimientos de la atmósfera solar, la estructura y composición de la atmósfera solar, eclipses y el espectro solar.

---

<sup>1</sup> Significa que es de un solo color, teniendo una sola longitud de onda.

En 1928, se publicó el *Bulletin of Character Figures of Solar Phenomena*, en el cual se incluía el monitoreo de manchas solares y otros indicadores de la actividad solar. Hufbauer (1991), menciona que gracias al monitoreo constante de manchas solares, se tuvieron importantes descubrimientos. El primero realizado por George Hale, es la existencia de un campo magnético en las manchas; y el segundo, fue el descubrimiento de la relación entre el número de manchas solares y protuberancias solares con las interrupciones de radio.

Resumiendo, tenemos que las investigaciones solares que comenzaron con la simple observación de manchas solares por Galileo y sus contemporáneos, fueron impulsadas por la necesidad de conocer la distancia al Sol y continuada con los programas de observación solar que permitieron varios descubrimientos sobre el comportamiento de las manchas, junto con el inicio de la fotografía y finalmente, el comienzo del monitoreo constante de la actividad solar.

### **3.2 Las observaciones de manchas solares en México**

Sobre las observaciones de manchas solares en México podemos mencionar al *Repertorio de los Tiempos*, de Enrico Martínez en 1606. Éste es un ejemplo sobre el interés que se tenía en los estudios solares durante el siglo XVII (Moreno & Vaquero, 2008).

Carlos de Sigüenza y Góngora realizó las primeras observaciones solares con ayuda de un telescopio. Él fue profesor de Astronomía y Matemáticas en la Real y Pontificia Universidad de México entre 1671 y 1692. Realizó observaciones de eclipses solares, y hace bastantes referencias a las manchas solares en su trabajo *Libra astronomica y philosophica*. Es importante destacar el hecho de que la carencia de observaciones de manchas solares en México durante este periodo, coincide con el llamado mínimo de Maunder, en el cual se tiene una baja en la actividad solar (Moreno & Vaquero, 2008).

Se tienen varios registros del siglo XVIII de las observaciones de manchas solares realizadas por José Antonio Alzate las cuales son (Moreno & Vaquero, 2008): un dibujo durante el tránsito de Venus de 3 junio de 1769, comentarios de Alzate sobre manchas solares durante agosto de 1769, una observación y su dibujo durante el tránsito de Mercurio de

noviembre 9 de 1769, comentarios sobre las manchas solares durante julio de 1786 y comentarios sobre el periodo de agosto 25 a octubre 29 de 1784, el cual fue un periodo sin manchas solares.

En 1882 el Observatorio Astronómico Nacional adquirió el ftoheliógrafo Dallmeyer. Este instrumento fue utilizado por Ángel Anguiano para realizar observaciones solares. Asimismo, pequeños observatorios fueron creados en ciudades como Puebla o Zacatecas, donde también se realizaban observaciones solares. Algunos trabajos que han sobrevivido incluyen imágenes de la superficie solar. En 1878 el padre jesuita Pedro Spina, estudiante de Angelo Secchi en Roma, se convirtió en el director del Observatorio de la Escuela del Sagrado Corazón de Jesús en Puebla, por lo que se realizaron observaciones solares en ese observatorio. De la misma manera, José Árbol Bonilla, director del Observatorio Astronómico de Zacatecas, estaba especialmente dedicado al estudio de la actividad solar.

En el siglo XX, se tienen a dos mexicanos que no pertenecían al OAN, pero que realizaban observaciones del Sol: Luis G. León, fundador de la Sociedad Astronómica de México y el jesuita Gustavo Heredia, quién observaba el Sol desde el observatorio de Puebla. Ambos publicaron algunos artículos del tema (Moreno & Vaquero, 2008).

Finalmente, tenemos a los encargados de realizar observaciones de manchas solares en el Observatorio Astronómico Nacional. El primero de ellos, es el Sr. Juan Gómez, el cual realizaba dibujos de manchas solares en libretas durante la década de 1890. El segundo es el Sr. Díaz Lombardo, quien dibujaba a las manchas solares con particular detalle durante el periodo de 1903 a 1905. Asimismo, durante el inicio del siglo XX, el responsable de tomar fotografías de las manchas solares era el Sr. Carrasco. Para las décadas de 1920, y a finales de la década de 1940, el Sr. Eligio Ortega realizó las observaciones de manchas solares, y elaboró tablas y gráficas resumiendo estas observaciones.

### 3.3 Observaciones solares en el OAN

En esta sección, hablaré sobre las observaciones de manchas que se realizaron en el Observatorio Astronómico Nacional. En primer lugar, quisiera mencionar el objetivo general de este trabajo: estudiar las observaciones de las manchas solares en el Observatorio Astronómico Nacional. Para poder alcanzar este objetivo es necesario contestar algunas preguntas que van en el sentido de ubicar este tema en el contexto de los aspectos y facetas de las prácticas de observación. Una pregunta importante es el cómo realizaban estas observaciones, es decir, qué instrumento utilizaban, qué procedimiento empleaban y qué resultados obtenían. También es importante saber quiénes eran los responsables de hacer las observaciones. Sin embargo, la pregunta más importante podría ser para qué realizaban estas observaciones. Todas estas preguntas nos ayudan a saber sobre el entorno y el contexto de las mismas observaciones, así como entender las herramientas que utilizaron para observar.

Respondiendo a la pregunta de para qué realizaban las observaciones, la principal razón que se tenía era la de investigar la posible relación de las manchas solares y el magnetismo terrestre. No se tiene mucha información al respecto, pero Anguiano habla sobre esto en un informe a la Secretaría de Fomento, publicado en el *Anuario* de 1892, donde habla sobre el Congreso de Fotografía Celeste celebrado en 1889 en Meudon:

“... las resoluciones del Congreso se redujeron a recomendaciones especiales para que se siguiera estudiando con empeño y con ahínco, todo lo que hasta ahora forma apenas la base en el método y en la observación de ulteriores descubrimientos. Tuve sin embargo, gusto al ver que al tratarse de la fotografía solar y de la crónica de las manchas, se establecieron reglas y principios a que corresponde satisfactoriamente nuestro ftoheliógrafo, y con los que ha estado de acuerdo la idea que desde hace algún tiempo he tenido de establecer con la mayor regularidad y extensión posible en el Observatorio, la observación y estudio de las manchas solares en relación con el magnetismo terrestre. Todos los demás puntos requieren observadores especialistas y experimentados con los que no contará el Observatorio sino después de mucho tiempo, en vista de lo reducido de nuestro personal y del campo vastísimo que nos ofrecen las especulaciones astronómicas...”

Parecen ser claras las intenciones de relacionar la actividad solar con el magnetismo terrestre, como Anguiano también especifica en el *Anuario* de 1894, en el cual dice es conveniente unir el estudio del magnetismo terrestre con el estudio de manchas, por la relación que existe entre el magnetismo y las perturbaciones solares. Por esta razón, Anguiano menciona que ha procurado establecer observaciones magnéticas, sin mucho éxito.

Otra posible relación entre las manchas solares y la actividad terrestre, es la relación que Joaquín Gallo plantea en su artículo “Las manchas solares y las lluvias en la Ciudad de México”. En este artículo Gallo intenta establecer una relación directa entre las lluvias que acontecen en la Ciudad de México y el número de manchas desde 1878 hasta 1926, es decir los años con mucha actividad son los años con poca precipitación.

No obstante, se pueden identificar del material del FOAN<sup>2</sup> tres objetivos distintos para la observación de manchas solares, que no corresponden a los anteriores. Se le ponía atención a la morfología de la mancha, a la posición de la mancha en la superficie del Sol y se realizaban estadísticas de las manchas solares, como explicaré a continuación.

### ***Morfología de las manchas***

Como lo mencioné las manchas solares no solamente eran observadas en el OAN con el propósito de encontrar una relación entre éstas y el magnetismo terrestre, sino que se tenían diferentes intenciones. Una de ellas era estudiar la morfología de las manchas solares.

Para poder visualizar las manchas solares en el observatorio se utilizaba el método de proyección, es decir, se proyectaba la imagen solar sobre una pantalla. Primero se apuntaba al Sol, enfocaban y ponían a guiar el telescopio, para posteriormente marcar con un lápiz la

---

<sup>2</sup> Fondo del Observatorio Astronómico Nacional (FOAN). Archivo Histórico, Universidad Nacional Autónoma de México. Sección Estudios Astronómicos. Subsección Proyectos. Serie Sol. Subserie Manchas solares. El FOAN aún se encuentra en organización.

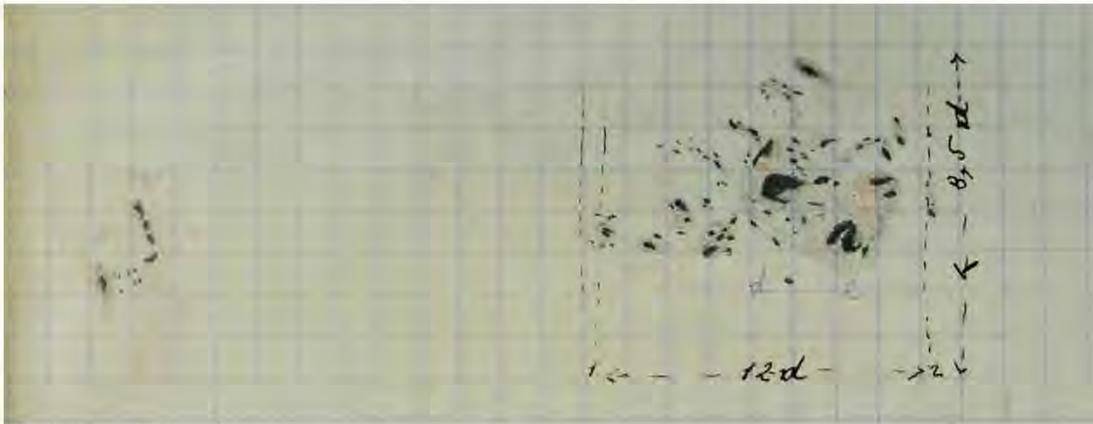
posición de las manchas y fáculas. En un artículo del *Boletín del Observatorio de Tacubaya* (*Boletín*, 1890), Anguiano nos explica cómo se realizaron las observaciones de las manchas con este método. Generalmente se hacía la observación de las manchas entre 10 y 12 de la mañana. Se empleaba el método de proyección, y la imagen se podía visualizar sobre una hoja de cartón:

“ Esta amplificación permitía ver detalles de las manchas, dibujando éstos en un libro de apuntes. Su posición era determinada por las medidas que se toman en ascensión recta y declinación. Para medir las posiciones, se comenzaba por hacer primero las observaciones en ascensión recta, anotando las horas cronométricas de los pasos de los centros de todos los grupos de manchas que se veían en la superficie solar, así como las horas de los pasos del limbo occidental y oriental. Los grupos se designaban con las primeras letras del alfabeto para etiquetar y seguir la trayectoria de las manchas. Para la declinación, se tomaban las medidas con ayuda del micrómetro del telescopio”.

Estas observaciones fueron realizadas con diferentes telescopios. En el anuario de 1889, el director menciona que se llegaron a realizar observaciones de manchas solares en Chapultepec, pero que no pudieron ser continuadas debido a la mudanza a Tacubaya. Además, se esperaba la instalación completa del fotoheliógrafo y el Sr. Quintana, encargado de la fotografía, tenía otras obligaciones con el Estado Mayor. Sin embargo, para no demorar más el inicio de las observaciones, Anguiano decidió que era mejor llevar un registro de manchas solares observadas con el Altazimut, determinando su posición y anotando las particularidades que pensaban eran dignas de notar, y sólo tomando fotografías del Sol cuando las manchas fueran de importancia. Se utilizó el telescopio ecuatorial de 0.38m de diámetro desde 1892 hasta 1895 (*Anuario*, 1893), para finalmente utilizar el ecuatorial pequeño de 0.15m (*Anuario*, 1897).

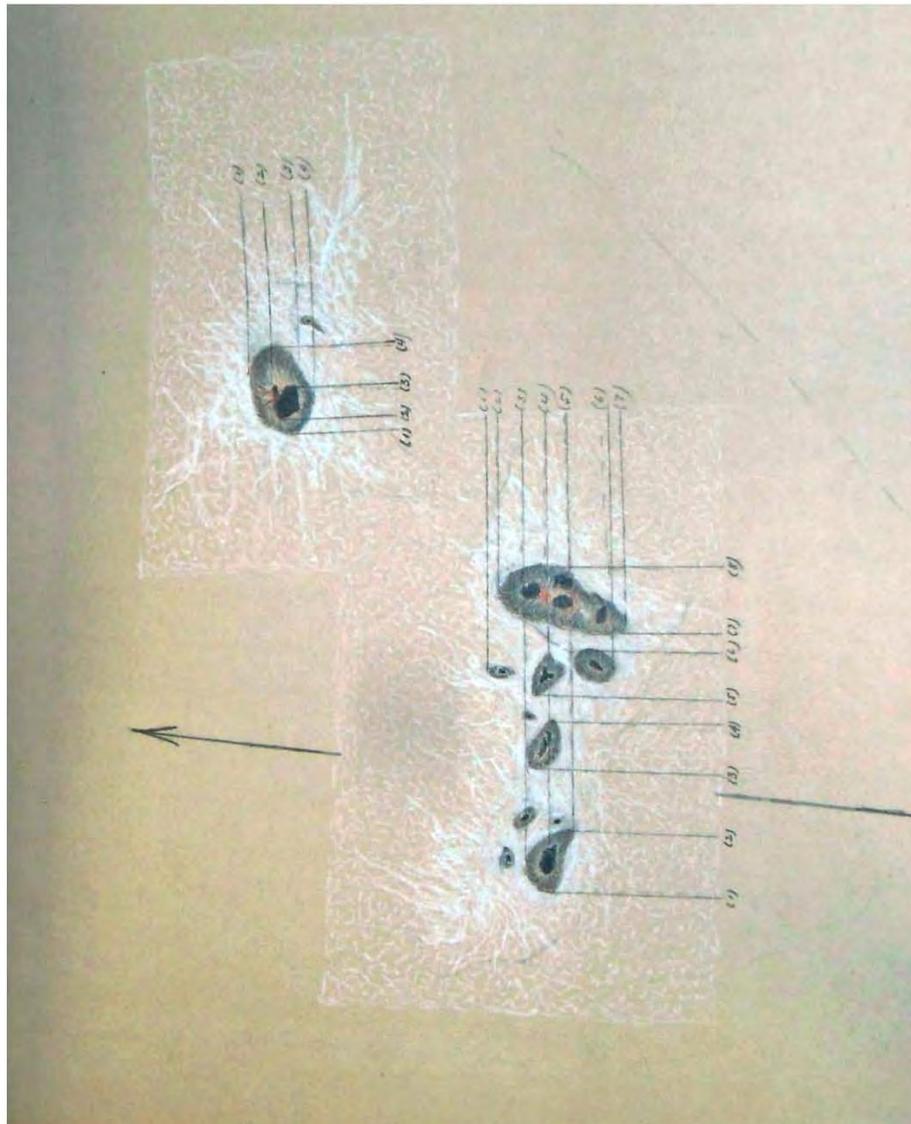
Los productos de estas observaciones eran dibujos que fueron plasmados de varias maneras: en libretas de apuntes y en dibujos realizados en hojas grises (Anexo 1, Tabla 1). Un ejemplo de cómo son los dibujos que se encuentran en las libretas de apuntes es la Figura 3.1. Las observaciones en las libretas de apuntes van desde 1893 a 1900. Estos eran dibujos de diferentes zonas de la superficie solar, con sus respectivas manchas. Los dibujos se trataban de

realizar diariamente (excepto en los días feriados), ya que en los días en que no se pudo hacer el dibujo, el observador especificaba la razón por la que no se pudieron realizar las observaciones. Por ejemplo, debido al mal clima o algún problema con el equipo. En algunas páginas de las libretas el número de manchas por día era registrado a un costado del dibujo, y en otros utilizaban un crayón rojo para ilustrar las fáculas solares.



**Figura 3.1.** Ejemplo de los dibujos que se encuentran en la libreta de apuntes. Como podemos observar, se le presta especial atención a la forma de la mancha solar, coloreando más fuerte el área de umbra de la mancha.

De 1903 a 1906 se tienen dibujos de las manchas solares hechos a mano en hojas grises. Estos dibujos son sólo de la mancha, sin prestar atención a su localización en el Sol. Un ejemplo de este tipo de dibujos es la Figura 3.2. Estos dibujos de las manchas fueron realizados con mucho detalle, diferenciando la zona más oscura de la mancha solar (umbra) con sus alrededores (penumbra). Asimismo, se utilizaba un papel gris para el dibujo de la mancha, por lo que se trazaban las fáculas solares con un gis de color blanco para que pudieran ser apreciadas. Durante este periodo, normalmente se realizaba un dibujo por hoja, el cual correspondía a la mancha más grande o llamativa de ese día. Sin embargo, también existen hojas con más de una mancha. En algunas ocasiones se tenía en una sola hoja, la evolución de las manchas a través de varios días (Gallo, 1958).



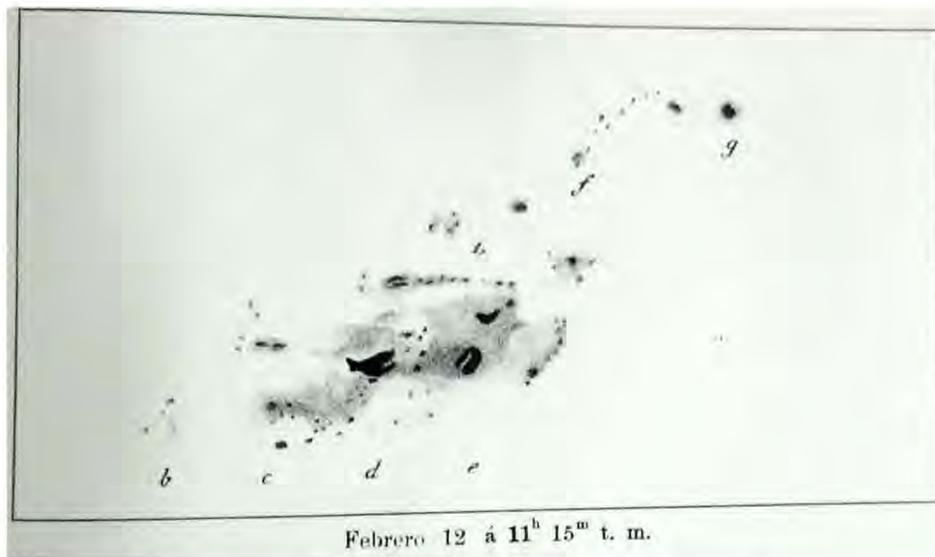
**Figura 3.2.** Dibujo de una mancha solar el 7 de octubre de 1903. Este es otro ejemplo de un dibujo en el cual se hace énfasis en la morfología de las manchas. Se dibujaban las fáculas con un gris de color blanco para distinguirlas de sus alrededores.

Las observaciones plasmadas en las libretas de apuntes fueron hechas por Juan Gómez. Estas libretas están firmadas por J. Gómez desde 1892. Sobre él, Anguiano comenta en 1895, que era el encargado exclusivo de las observaciones por haber ya adquirido la práctica para hacer las mediciones, anotaciones, explicaciones y dibujos (*Anuario*, 1897).

Otra persona que realizaba las observaciones de manchas fue el Sr. Díaz Lombardo. En sus memorias, Joaquín Gallo nos habla sobre él y menciona las primeras veces que trabajó en el Observatorio como ayudante: "... Díaz Lombardo era hábil dibujante; sobre el papel gris llenaba con lápiz la silueta de las manchas y con gis blanco las fáculas, teniendo los dibujos buen aspecto dando idea de la actividad solar..."

No obstante, no sólo el Sr. Díaz Lombardo realizaba las observaciones de las manchas solares. En el año de 1905, también se tienen algunos dibujos firmados por Joaquín Gallo. Es fácil distinguir entre los dibujos de Gallo y los de Díaz Lombardo, debido a que los dibujos de éste último son mucho más elaborados. Estas observaciones solamente tuvieron una publicación en el *Boletín del Observatorio de Tacubaya* (*Boletín*, 1890). En este *Boletín* se tienen las observaciones realizadas en 1892, en particular los dibujos de las manchas solares del 7, 8 y 15 de febrero de 1892 (Figura 3.3). Sobre esta publicación, Anguiano nos dice:

"El grupo de manchas solares observadas del 5 al 18 de febrero de 1892, ha sido sin duda uno de los mayores que se han visto desde que se hace en el Observatorio esa clase de estudios. Tanto por esto como porque hace tiempo he deseado dar principio a la publicación periódica y ordenada de los trabajos todos que se emprenden en el Observatorio de Tacubaya, voy a dar a conocer los datos que se tomaron del notable grupo, comenzando la crónica de las manchas solares..."



**Figura 3.3.** Ejemplo de los dibujos impresos en el *Boletín*. Como se puede apreciar, el enfoque de estos dibujos es únicamente a la mancha, para poder apreciar la forma de la mancha. Este es uno de los pocos ejemplos de dibujos de manchas solares impresos.

### ***Posición de las manchas***

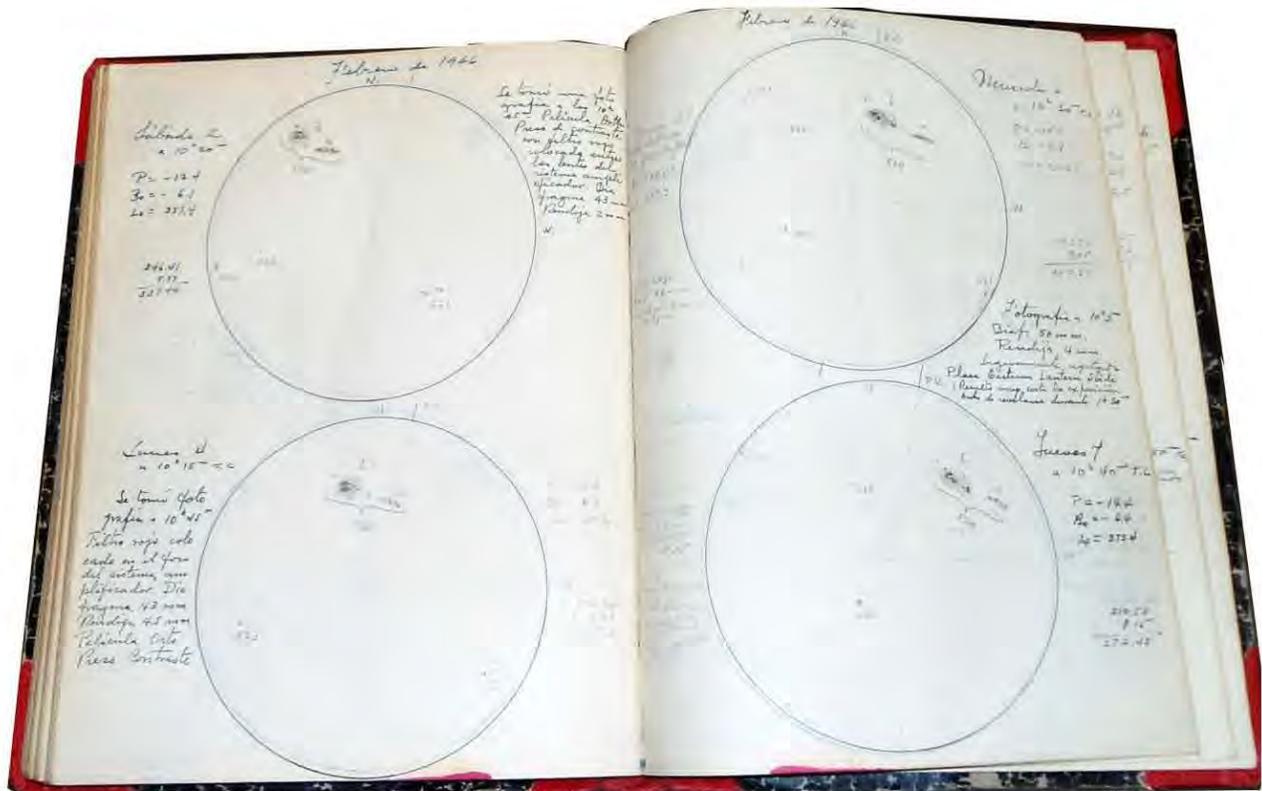
Otro propósito que se tenía al momento de observar las manchas solares era el estudio de su posición sobre la superficie solar, para saber el camino que seguían las manchas.

En el Observatorio se tienen varias representaciones cuyo objetivo es decirnos dónde se encuentra la mancha sobre el Sol. Se tienen libretas de apuntes con dibujos de las manchas solares en el croquis solar, pequeñas hojas sueltas con dibujos sobre el croquis solar<sup>3</sup>, croquis de la superficie solar con pequeños dibujos de las manchas en hojas blancas, los llamados diagramas de rotación de Carrington y placas fotográficas. A continuación voy a explicar cada uno.

---

<sup>3</sup> El croquis solar se refiere a un dibujo de toda la circunferencia solar, con sus respectivas manchas solares.

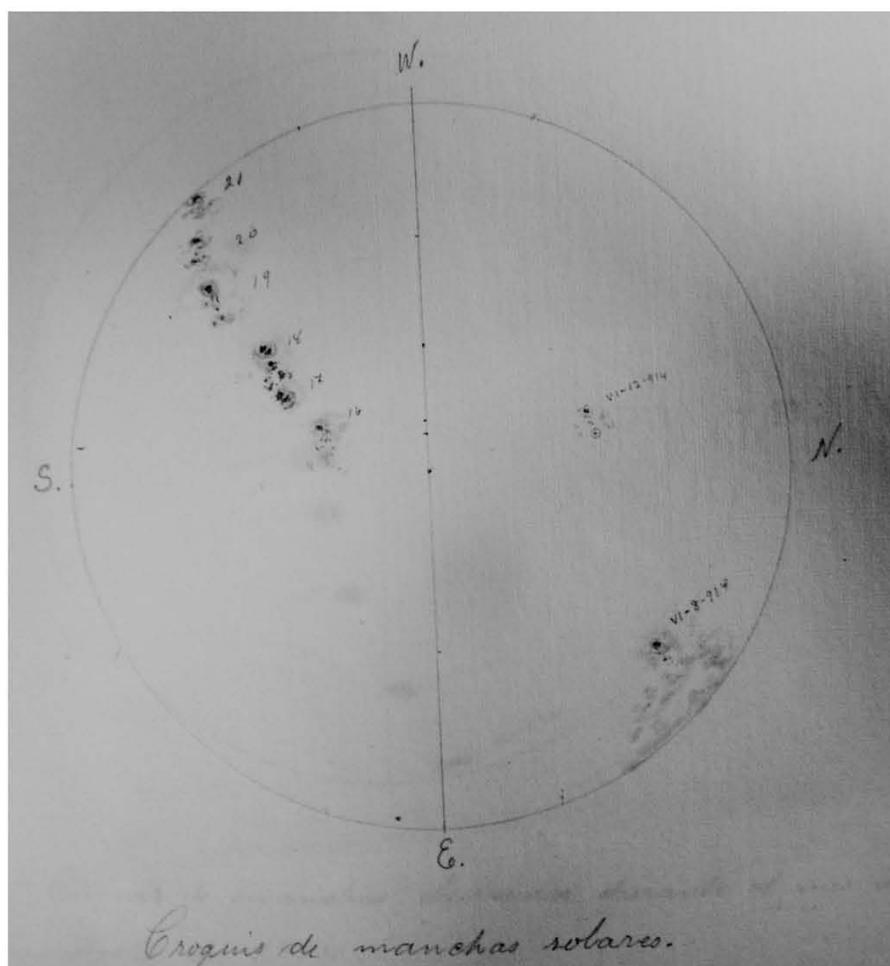
Las libretas de apuntes son muy similares a las libretas de la sección anterior, sin embargo, el propósito de éstas es distinto. Como se puede apreciar en la Figura 3.4, el Sol es representado en su totalidad y no solamente una sección de él como era plasmado en las libretas descritas en la sección anterior. Para el caso de las libretas de apuntes, las manchas eran enumeradas para seguir su paso en la superficie solar a través de los días. Estas libretas corresponden a los años de 1917 a 1946.



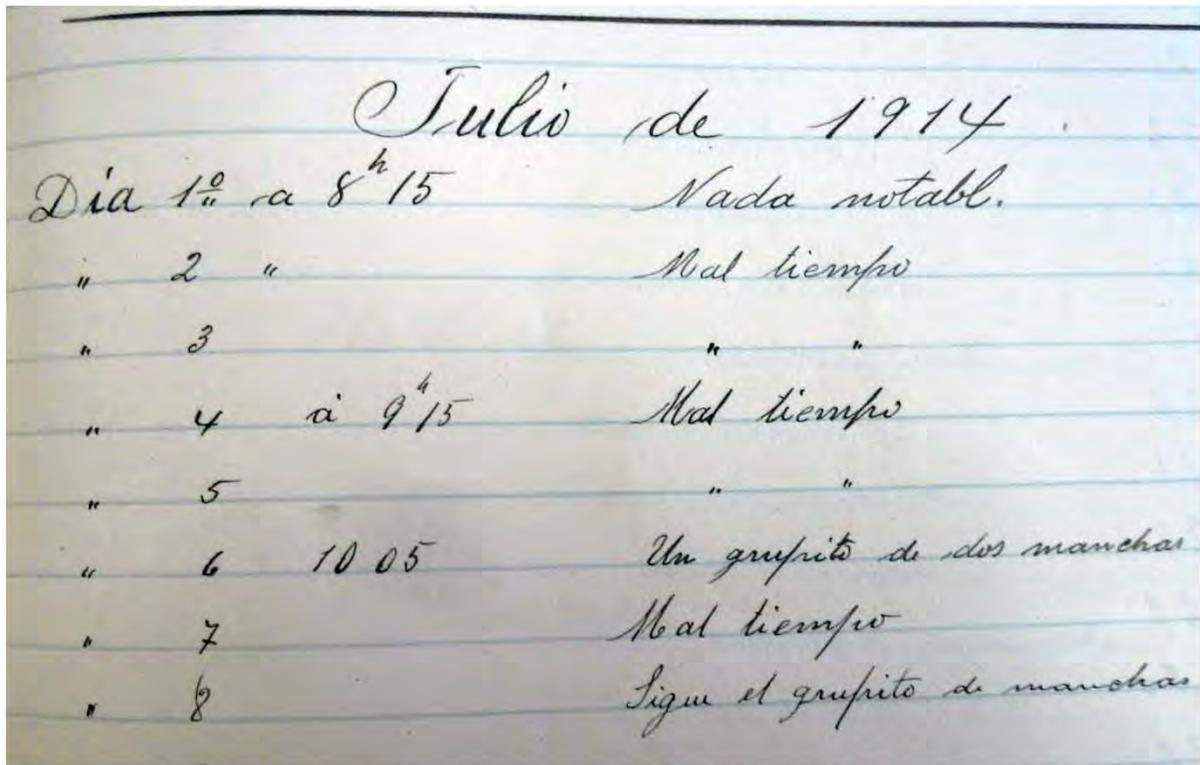
**Figura 3.4.** Libreta de apuntes de febrero de 1946. Al tener la imagen de todo el disco solar, la intención es observar la posición de las manchas con respecto a éste. Las manchas son enumeradas para poder seguir su paso a través de la superficie solar. Las notas especifican si se tomaron fotografías y otras particularidades del día.

Las hojas sueltas con dibujos del croquis solar son hojas pequeñas que tienen dibujada la circunferencia solar y en ella se encuentran pequeños dibujos de las manchas solares (Figura 3.5). Los croquis son de los años 1914, 1915 y 1916. Estas observaciones vienen acompañadas con un libro de apuntes o bitácora (Figura 3.6). En este libro se tienen notas sobre las

observaciones de manchas solares. La fecha y la hora de la toma de observaciones con una breve descripción de lo sucedido (por ejemplo: "nada notable", "mal tiempo", "desapareció la mancha", "no se tomaron fotografías por falta de placas", "por no haber placas en el mercado se tomaron las fotografías con placas muy defectuosas que fueron las que se encontraron..."). Cuando no se tomaban placas fotográficas, se dibujaba el paso de la mancha a través de la superficie solar durante varios días, para no perder la información de hacia dónde se movía la mancha.



**Figura 3.5.** Ejemplo de croquis solares en hojas sueltas. Se puede ver que el autor registra la posición de las manchas sobre el Sol, para saber cómo se mueve la mancha a través de la superficie solar. Junto a la mancha se anota la fecha en que fue observada.



**Figura 3.6.** Los croquis vienen acompañados de una bitácora, en la que se registran los pormenores del día en el que se realizaron las observaciones. En la bitácora se especifica el día y la hora de la observación.

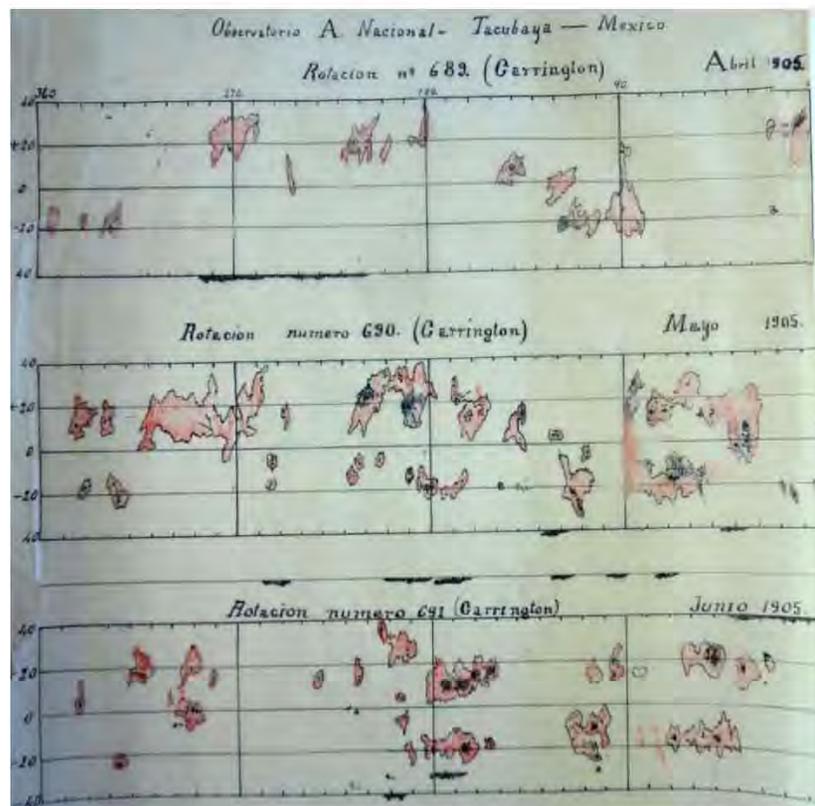
Los dibujos realizados en hojas blancas tienen impresas una o dos circunferencias solares (croquis) por cada hoja, con algunas anotaciones (Figura 3.7). El dibujo sobre la circunferencia solar no era muy detallado, y pareciera que fue hecho de prisa. Con un crayón de color rojo, dibujaban lo que ellos llaman accidentes solares. En este caso, se etiquetaban a las manchas solares con una letra del alfabeto para seguir su evolución. Las observaciones se realizaban diariamente, exceptuando los días nublados.



**Figura 3.7.** Hojas blancas con dos circunferencias impresas. Se puede apreciar la fecha y hora de la observación. Éste es otro ejemplo en el cual se puede apreciar la posición de la mancha solar con respecto a todo el disco solar, ignorando los detalles particulares de la morfología de las manchas solares.

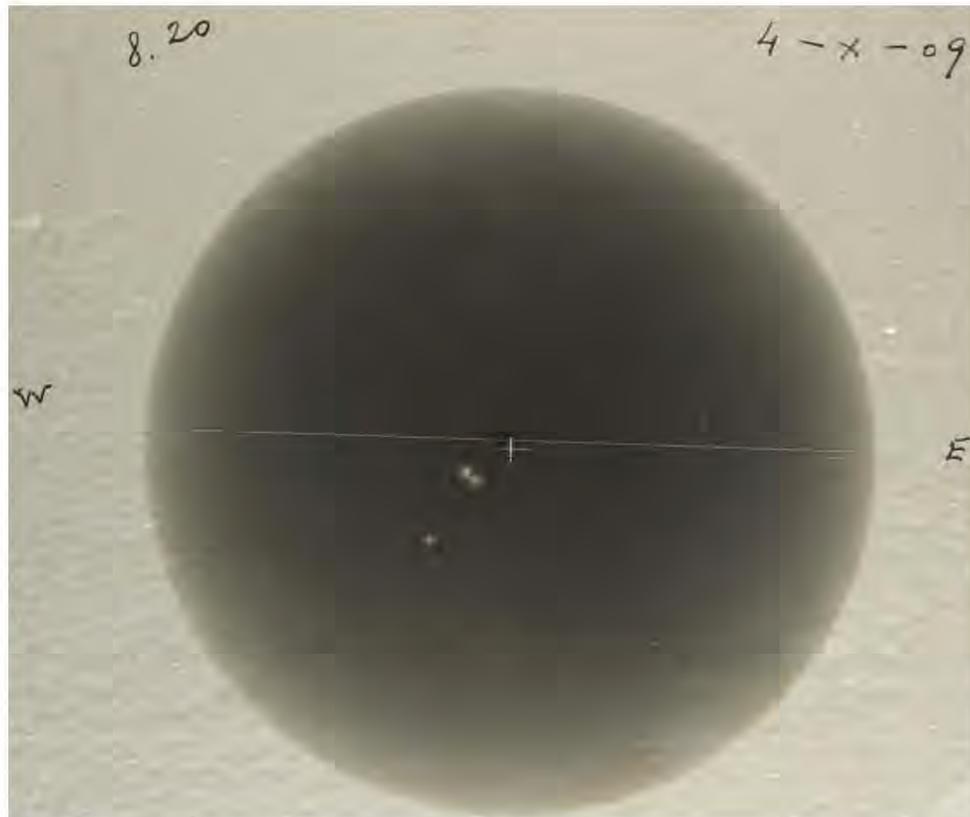
En el mundo, fue interesante estudiar la posición de las manchas solares para el descubrimiento de Richard Carrington sobre la rotación del Sol, por ejemplo, ocurrido a mediados del siglo XIX. Asimismo, para el hallazgo por parte de Richard Carrington y Gustav

Spörer, la ley de Spörer. Esta ley nos dice que al inicio del ciclo, las manchas solares aparecen en las latitudes más altas y luego avanzan hacia el ecuador solar conforme el ciclo se acerca a su fin. Una manera de representar gráficamente el movimiento del Sol durante su rotación son los diagramas de rotación de Carrington (Anexo 1, Tabla 2). En el FOAN se conservan sólo dos de estos diagramas pertenecientes al año de 1905. Como se puede observar en la Figura 3.8, cada gráfica tiene como título el número de rotación de Carrington que le corresponde. Este número corresponde al número de rotaciones que ha tenido el Sol desde el 9 de noviembre de 1853, que es cuando Richard Carrington comenzó la numeración. En el eje horizontal se tiene la longitud solar en la que se ve la mancha, expresada en grados ( $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$ ). En el eje vertical, se tiene la latitud de la mancha. Con este diagrama se puede tener la imagen de la superficie solar durante toda una rotación. Las manchas solares tienen bien definida su umbra, con sus alrededores (penumbra) pintados en rojo.



**Figura 3.8.** Diagrama de rotación de Carrington. En este diagrama se puede ver las manchas solares durante una rotación solar. La penumbra está pintada en rojo.

Las placas fotográficas también eran utilizadas con el propósito de conocer la posición de la mancha en el Sol. Un ejemplo de las placas fotográficas que se tomaban en el Observatorio se puede ver en la Figura 3.9. Estas placas tienen indicado la fecha y la hora en que fueron hechas. Principalmente fueron tomadas entre las 8:00 y las 10:00 am.



**Figura 3.9.** En la placa se encuentra el negativo de toda la superficie solar, sin tener enfocadas solamente a las manchas, por lo que se puede ver la ubicación de las manchas solares sobre cualquier lugar de la superficie solar. En la parte superior se tiene la hora y la fecha de la observación (Anexo 1, Tabla 3).

Estas placas datan desde 1906 hasta 1915, principalmente; con alguna que otra placa correspondiendo a otros años posteriores. Alrededor de 1918 no se tienen registros de placas fotográficas debido a que los fabricantes suspendieron la producción de placas por la Primera Guerra Mundial.

Para poder realizar estas observaciones en el Observatorio Astronómico Nacional, se utilizó el método de proyección descrito anteriormente. El instrumento utilizado para tomar las

fotografías era el ftoheliógrafo Dallmeyer, que también fue utilizado para observar el tránsito de Venus de 1882. Para describir estos procedimientos Valentín Gama escribió un artículo titulado *La observación solar, en el Boletín del Observatorio Astronómico Nacional* número 2. En él, Gama nos habla sobre los procedimientos que se realizaban en el Observatorio para la observación de las manchas solares. Primero, explica cómo se hacían las observaciones de las manchas solares con la ayuda del método de proyección. Posteriormente, habla sobre la observación de las manchas empleando el Ftoheliógrafo Dallmeyer ya mencionado. Sobre el método que utilizan, Gama nos dice que

"... se toma una fotografía del Sol de 0m.1 de diámetro, en la que se marca la posición del horario que pasa por el centro del Sol, o sea el punto Norte del disco, y se acomoda sobre la placa fotográfica una gráfica que representa la manera como se ve desde la Tierra una serie de meridianos y paralelos solares de cinco en cinco grados; se lee en seguida la latitud y longitud heliográficas del accidente, mancha o fácula, cuya posición se quiere."

Para determinar el tamaño de la mancha, se medía con una cuadrícula dividida en milímetros trazada sobre vidrio, y de estos datos se obtenía la superficie real en millonésimos de disco, con la ayuda de unas tablas del *Boletín de la Sociedad Astronómica de Francia*.

Los dibujos del croquis solar (hojas pequeñas y hojas blancas), algunas libretas de apuntes y los diagramas de rotación de Carrington no están firmados por alguna persona, sin embargo, sí se tiene información sobre quién tomaba las placas fotográficas. El Sr. Francisco Estañol fue el responsable en los años 1903 y 1923 (Gallo, 1953) y el Sr. Carrasco en 1908 y 1909.

### ***Estadísticas de las manchas***

No solamente realizaban dibujos para estudiar a las manchas solares, sino que también se producían estadísticas de las manchas solares, esto es para llevar un registro del comportamiento solar (Anexo 1, Tabla 2).

Entre 1910 y 1940, los científicos del mundo decidieron monitorear constantemente las manchas solares y otros indicadores de actividad solar, lo que llevó a grandes descubrimientos como la existencia del campo magnético en las manchas y la relación entre el número de manchas solares y protuberancias solares, con las interrupciones en radiofrecuencia. Por lo anterior, no es sorprendente que en el Observatorio también realizaran sus propias estadísticas de las manchas solares.

En el Observatorio se tenían varias maneras de presentar las estadísticas de las manchas solares. Utilizaron tablas de reducción de datos, tablas con el resumen de los datos y gráficas para ilustrar algunas características de las manchas; las cuales veremos a continuación.

Un ejemplo de las tablas de reducción de datos es la Figura 3.10. La reducción de datos se refiere a las tablas con la fecha, hora, número, latitud y longitud de la mancha, superficie de la mancha, fáculas (latitud y longitud), tipo de manchas y notas.

**OBSERVATORIO  
ASTRONÓMICO.**

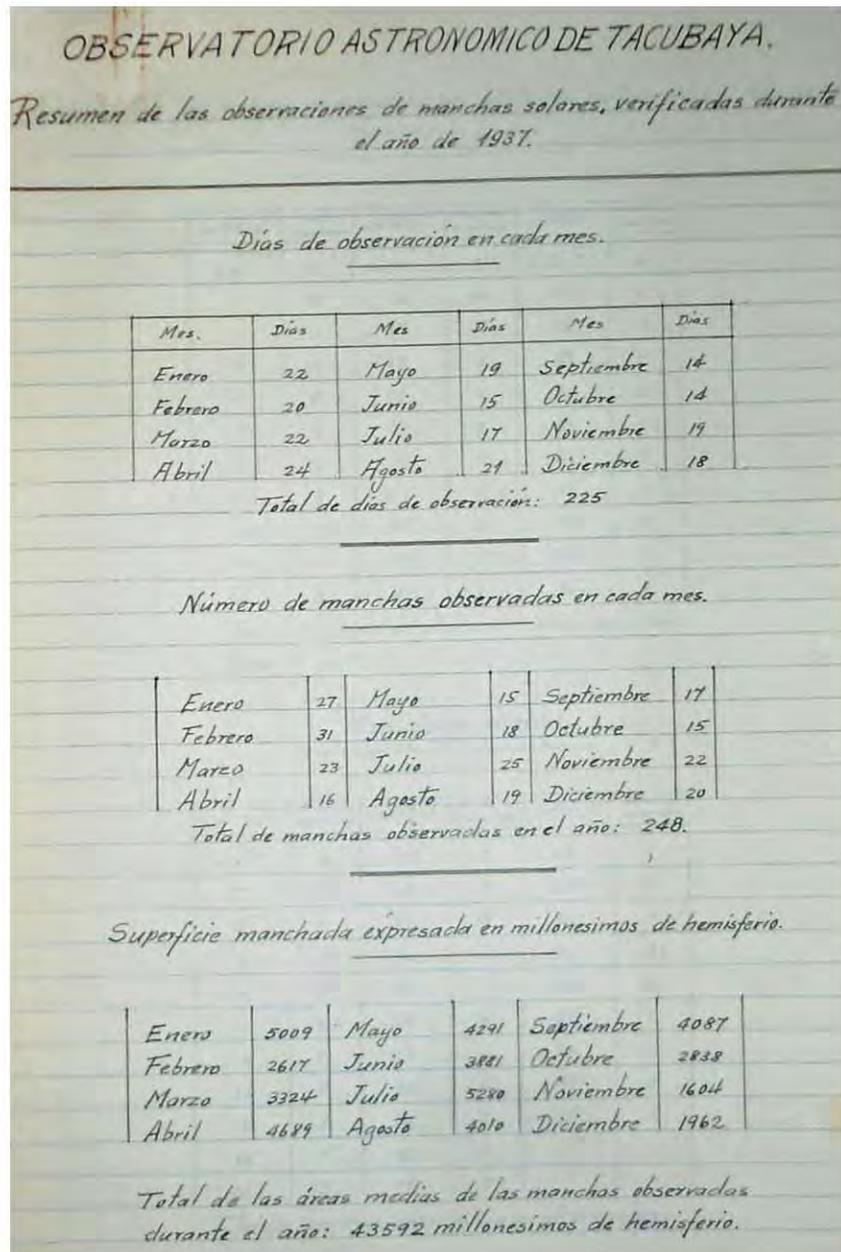
TACUBAYA.

**MANCHAS SOLARES.**      *AÑO de 1916*

HORA LOCAL	NÚMERO	LATITUD	LONGITUD		SUPERFICIE		TIPO de MANCHAS	NOTAS.
			MERIDIANO CENTRAL	PRIMER MERIDIANO	MEDIDA en m <sup>2</sup>	REAL Millonésimas del Hemisferio		
1:30	1	+18.0	-27.0	271.7	3.8	283	III b	Cuerpo del grupo
	2	-16.5	+ 3.5	318.2	2.0	131		
2:40	3	+22.0	+33.0	317.7	4.2	370	III b	
	4	+12.0	+ 7.0	291.7	5.3	390	III b	
	5	-18.0	02.0	244.7	5.0	464	III c	
3:30	6	+6.5	+23.0	327.7	4.5	333	III b	
	7	+21.0	+08.0	317.1	3.2	167	III b	
4:30	8	+18.0	+ 7.0	291.7	4.0	422	III b	Cuerpo de grupo
	9	+18.0	-28.0	244.1	3.0	176	III b	

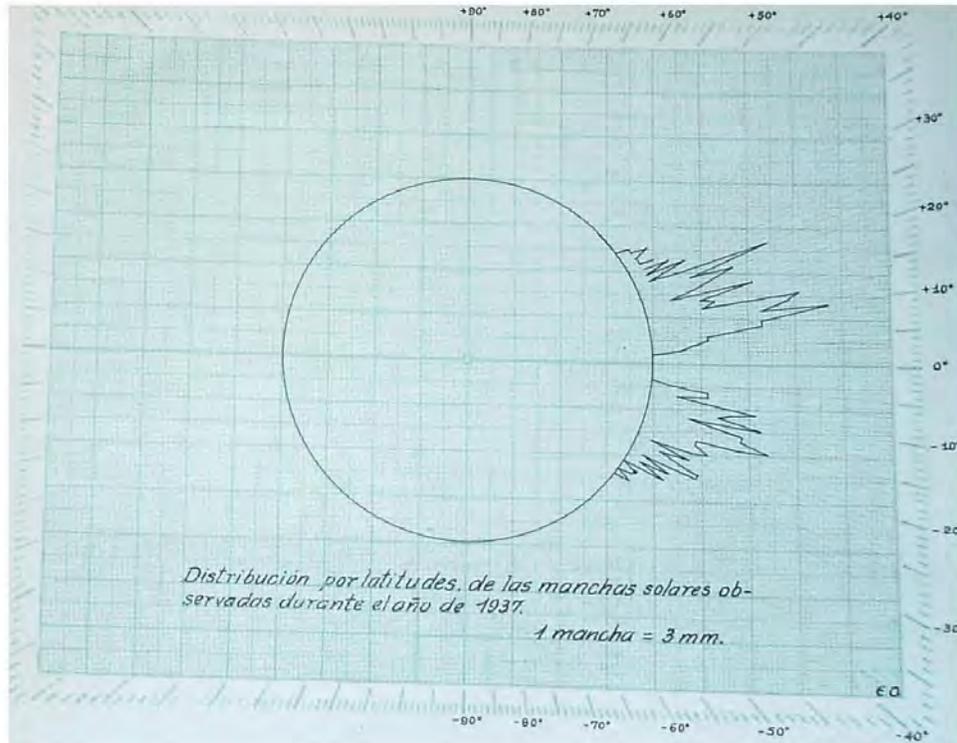
**Figura 3.10.** Tabla de reducción de observaciones del año de 1916. En este tipo de tablas se tienen las estadísticas de las manchas solares a lo largo del año. Es un ejemplo de la manera de sintetizar los datos de las manchas solares.

El resumen de las observaciones se representaba en forma de tabla (Figura 3.11). En esta tabla se condensaban los días de observación por cada mes, el número de manchas observadas en esos días, el total de la superficie con manchas, la distribución de manchas por latitudes en el hemisferio boreal y austral, y la distribución por latitudes de las superficies manchadas.

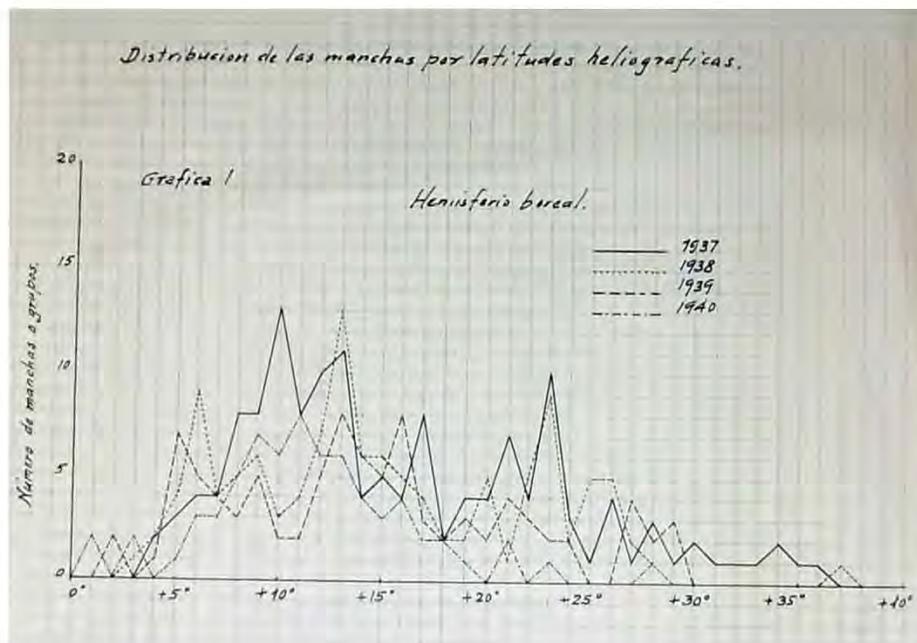


**Figura 3.11.** Resumen de observaciones para el año de 1937. En los resúmenes de observaciones, el autor recapitulaba las estadísticas más importantes de las manchas solares durante el año, a manera de reporte.

Había varias maneras de sintetizar la información obtenida de las observaciones, por ejemplo, las gráficas de la distribución de las manchas solares. Una muestra de estas gráficas, son la Figura 3.12 y la Figura 3.13. En estas gráficas, se detalla la distribución de manchas solares, ya sea por hemisferio y por latitud. Asimismo, se grafica el área total de la superficie solar manchada.



**Figura 3.12.** Gráfica de la distribución por latitudes de las manchas solares observadas en 1937. Esta es una manera de representar la información de los resúmenes. Cada 3mm representa una mancha solar observada en la latitud correspondiente de la derecha.



**Figura 3.13.** Esta gráfica presenta la distribución de las manchas por latitudes heliográficas comparándolas para distintos años. Este es un ejemplo en el cual se comparan las estadísticas de las manchas solares para distintos años.

Las personas que realizaron estas tablas y gráficas fueron cambiando conforme transcurrió el tiempo. En 1889 el responsable fue Felipe Valle, pero para 1890 fue Valentín Gama. Entre los años de 1918 y 1946, los responsables fueron Eligio Ortega, Francisco Escalante y Rosendo Sandoval. Estas estadísticas fueron publicadas en el *Anuario* y en el *Boletín*. En los anuarios, se tienen los informes a la Secretaria de Fomento, que fueron publicados en sus respectivos años. Se publicaba una tabla con el número de días por mes que el Sol tenía manchas, fáculas, ninguna mancha, o los días en que no se pudo observar al Sol (*Anuario*, 1891; *Anuario*, 1892). En el informe del *Anuario* de 1900, se comenta sobre la regularidad de las observaciones, la cantidad de manchas por mes y sobre características importantes de algunas de las manchas.

En el *Boletín del Observatorio de Tacubaya* también se publicaron tablas con las estadísticas de las manchas. En el primer tomo del *Boletín* Valentín Gama, el encargado de realizar estas observaciones en 1889, redactó un artículo sobre las observaciones de las manchas donde describe a las manchas o fáculas observadas y su evolución durante cada mes.

Aunque este artículo no presenta la información en forma de tabla, presenta toda la información que tienen las tablas de resumen de datos en forma de texto.

Las tablas más antiguas fueron publicadas en el *Boletín del Observatorio Astronómico Nacional*. En el *Boletín* número 1 publicado en 1912, se presenta una reducción de los datos de las observaciones de manchas solares de enero a junio de 1911. Una tabla de este mismo tipo se tiene en el *Boletín* número 2, para los meses de julio a diciembre de 1911. En esta última tabla de reducción de datos, se hace énfasis en el hecho de que sólo se toman fotografías de la superficie solar cuando había en ella algún detalle de importancia. En los números 3 y 4 del *Boletín*, publican las tablas de reducción de datos de las manchas solares desde enero de 1912 hasta junio de 1913 y finalmente de enero a junio de 1914. En el número 5, no se publicaron resultados de las manchas solares. Cabe destacar que estas tablas tienen las mismas características que las tablas no impresas. La siguiente publicación fue también en el *Boletín* de 1942. Un ejemplo de esta publicación es la Figura 3.14, mostrada a continuación.

DISTRIBUCION DE LAS SUPERFICIES MANCHADAS POR LATITUDES  
HELIOGRAFICAS

Areas medias de las manchas en millonésimos de hemisferio

Hemisferio Boreal

Hemisferio Austral

Latitud	Area	Latitud	Area	Latitud	Area
+1°	0	+8°	183	+15°	504
2	349	9	212	16	61
3	235	10	618	17	50
4	201	11	1572	18	261
5	121	12	1439	19	65
6	192	13	760		
7	53	14	691		

Total: 7567 millonésimos de hemisferio.

Latitud	Area	Latitud	Area	Latitud	Area
-1°	64	-8°	86	-15°	292
2	0	9	185	16	0
3	0	10	0	17	117
4	1034	11	149	18	89
5	195	12	175	19	162
6	91	13	0	20	0
7	183	14	84		

Total: 2906 millonésimos de hemisferio.

En el Ecuador: 80 millonésimos de hemisferio.

Total en el hemisferio visible del Sol: 10553 millonésimos de hemisferio.

DISTRIBUCION DE LAS MANCHAS POR  
LONGITUDES HELIOGRAFICAS

DISTRIBUCION DE LAS SUPERFICIES  
MANCHADAS POR LONGITUDES  
HELIOGRAFICAS

(Millonésimos de hemisferio.)

Longitudes heliográficas	No. de manchas	Longitudes heliográficas	No. de manchas	Longitudes heliográficas	No. de manchas
Entre 0° y 10°	7	Entre 120° y 130°	8	Entre 240° y 250°	3
10 20	6	130 140	3	250 260	2
20 30	5	140 150	7	260 270	2
30 40	2	150 160	5	270 280	2
40 50	5	160 170	1	280 290	2
50 60	5	170 180	6	290 300	3
60 70	3	180 190	5	300 310	5
70 80	4	190 200	0	310 320	4
80 90	2	200 210	4	320 330	4
90 100	2	210 220	4	330 340	12
100 110	2	220 230	5	340 350	5
110 120	1	230 240	5	350 360	6

Total de manchas observadas: 147.

Longitudes heliográficas	Areas	Longitudes heliográficas	Areas	Longitudes heliográficas	Areas
Entre 0° y 10°	763	Entre 120° y 130°	1309	Entre 240° y 250°	0
10 20	516	130 140	164	250 260	392
20 30	194	140 150	266	260 270	71
30 40	0	150 160	149	270 280	0
40 50	668	160 170	0	280 290	0
50 60	150	170 180	653	290 300	0
60 70	0	180 190	328	300 310	83
70 80	0	190 200	0	310 320	119
80 90	396	200 210	408	320 330	275
90 100	177	210 220	933	330 340	813
100 110	93	220 230	248	340 350	201
110 120	0	230 240	89	350 360	1095

Total: 10553 millonésimos de hemisferio.

Figura 3.14. Página del *Boletín del Observatorio* de 1942. Tablas de la distribución de manchas. Es un ejemplo de las estadísticas que aparecen en los *Boletines*.

Estas estadísticas podrían ser de utilidad para analizar la relación que tiene la actividad solar con el magnetismo terrestre. Sin embargo, no se realizaron estudios de este tipo en el Observatorio. En la *Revista de la Sociedad de Estudios Astronómicos y Geofísicos* de 1939 Rosendo Sandoval escribió el artículo "Aspectos fundamentales del magnetismo terrestre". En este texto, Sandoval habla en general sobre el magnetismo terrestre, y particularmente sobre el paralelismo que se encontró entre las perturbaciones notables del campo magnético terrestre y las curvas de manchas solares. Sin embargo, no presenta ningún resultado utilizando las estadísticas del Observatorio.

## Conclusiones

Es importante recordar el objetivo de esta tesis, el cual es el estudio de las observaciones de las manchas solares bajo la perspectiva de las prácticas de observación. Estas prácticas se refieren a herramientas y acciones que tienen los científicos para observar, no sólo al simple hecho de mirar. Cada una de estas prácticas (repetición, toma de notas, síntesis y descripción, prestar atención) se encuentran reflejada en las observaciones de las manchas solares, como revisaré a continuación.

De los informes y notas de los observadores, se puede saber que se realizaban las observaciones de las manchas solares diariamente, exceptuando los días feriados o con malas condiciones atmosféricas. Asimismo, las placas fotográficas que sobreviven son prueba de que las observaciones se realizaban casi diariamente y durante un periodo largo de tiempo. En el Anexo 1 se encuentran tablas en las cuales se detalla los días del año en los cuales se realizaron las observaciones de manchas solares, así como los años en los que fueron realizadas. De estas tablas podemos observar que en la mayoría de los años se efectuaron observaciones de manchas solares en el Observatorio.

La práctica de observar demanda algo más que la repetición diaria de la toma de datos, exige la total atención por parte de los observadores hacia el objeto a investigar, en este caso, de las manchas solares. Prestar atención es una práctica que se realizaba no solamente mientras se efectuaban las observaciones de las manchas, sino que también era necesaria para trazar los dibujos de las manchas solares de la manera más real posible.

Mientras los observadores realizaban las investigaciones sobre las manchas solares, ellos tomaban notas sobre los acontecimientos más significativos que sucedían, así como detalles importantes de las manchas. Esta práctica puede verse en las bitácoras que los observadores llevaban, así como en las notas que ellos realizaban en las mismas hojas donde dibujaban las manchas solares.

Los datos descriptivos que se obtenían de la observación de manchas solares (número de manchas, posición de las manchas, entre otros) necesitaban ser sintetizados de manera que todos estos datos nos pudieran decir algo más de las manchas solares, principalmente de su comportamiento. Una manera en que los observadores sintetizaban este tipo de información fue con ayuda de tablas de estadísticas de las manchas solares, a lo largo de un año en específico. En estas tablas también especificaban la información que ellos consideraban importante del día: el clima, el tamaño del grupo de manchas y demás. Asimismo, los observadores plasmaban de manera gráfica las estadísticas de las manchas solares. Estas gráficas no sólo ilustraban los datos de las manchas solares obtenidos en un solo año, sino que las gráficas eran utilizadas para comparar datos de distintos años.

Para entender a las prácticas de observación, también se necesita un panorama general del entorno que rodea a la observación. El sólo hecho de observar una mancha solar fue la primera prueba que se tuvo de su existencia. Como lo he mencionado en el inicio del capítulo 3, desde el siglo IV a.C. se tienen las primeras referencias de las manchas solares observadas a simple vista, es decir, no se necesitó al telescopio o algún otro instrumento para mostrar la existencia de las manchas solares. Entonces, el hecho de observar tuvo un papel fundamental como evidencia de la presencia de las manchas solares en la superficie del Sol.

Las diferentes técnicas que son utilizadas al observar dependen del momento en el tiempo en el que se realiza la observación. En el caso del OAN, se tienen dos técnicas distintas para observar a las manchas solares, por medio del método de proyección y por medio de la fotografía. El principal método utilizado fue el de proyección, ya que no siempre podían utilizar el ftoheliógrafo debido a que se tenían problemas para conseguir las placas fotográficas, por ejemplo durante la Primera Guerra Mundial.

La manera en que observaban a las manchas en el OAN también nos dice sobre lo que ellos observaban de la mancha misma, esto es, el cómo observaban a la mancha, nos

dice los objetivos que ellos tenían al observar. Por ejemplo, al aumentar el tamaño de la mancha con el telescopio, se puede visualizar de mejor manera la morfología de la mancha.

Desde el siglo XIX, para estudiar el comportamiento de las manchas solares fue necesario iniciar programas de observación solar, ya que para analizar este fenómeno se necesita a más de un científico observando a las manchas. Las observaciones de las manchas solares en el OAN fueron realizadas por más de una persona. En el Anexo 1, la tabla 4 se tienen los nombres de las personas que se tiene evidencia fueron los observadores de las manchas en el observatorio durante el periodo estudiado.

En conclusión, esta tesis sirve para saber la manera en que fueron realizadas las observaciones de las manchas solares en el OAN. Joaquín Gallo tiene un escrito llamado *Importancia de los estudios solares*, (1910) en donde habla sobre los fenómenos solares que son estudiados en los grandes observatorios astronómicos del mundo. En este texto, Gallo nos dice el papel que Tacubaya tiene en relación con los otros observatorios:

“Muchos y muy costosos elementos se necesitan para estos estudios, nosotros tenemos instrumentos sumamente pequeños y elementos que con trabajo son comparables a los empleados en otras partes, pero aunque sea en el aspecto físico del Sol, cooperaremos.”

Creo que esta frase de Gallo resume lo que aportaba el Observatorio a las observaciones de manchas solares que eran realizadas en el mundo en ese momento. Como lo mencioné en el capítulo 3, la recopilación de estadísticas de las manchas solares fue importante para entender el comportamiento de las manchas, la cual era una actividad moderna y actual que fue realizada el OAN, como nos los dice Gallo. Asimismo, en este texto Gallo nos dice que el Observatorio fue invitado a que formara parte de la “Asociación Internacional de Investigaciones Solares”, como él la llama, sin embargo, no se encontró evidencia documental de que el Observatorio estuviera afiliado a esta organización.

Al mismo tiempo, los otros observatorios también realizaban otro tipo de observaciones, sin embargo el Observatorio no pudo realizar estas observaciones por falta de elementos para realizarlos. Es decir, dados los instrumentos y la capacitación que tenían, los resultados de las observaciones de las manchas fueron dignos debido a la continuidad de sus observaciones, ya que éstas fueron realizadas constantemente durante el periodo que abarca este trabajo. Sin embargo, es necesario explicar que era bien sabido por los observadores que lo que ellos realizaban no era una investigación completamente reciente. Esto queda claro en el texto antes mencionado, en el cual Gallo hace referencia a todos los trabajos que están siendo desarrollados en los grandes observatorios del mundo y no en Tacubaya. Además, sabemos que la biblioteca del Observatorio contaba con libros sobre manchas solares que eran de esa época.

Las observaciones de manchas solares en el OAN fueron un trabajo arduo debido a la continuidad que tuvo esta toma de observaciones. Sin embargo, este proyecto no era el principal. Para ilustrar esto, basta ver el informe de 1889 al Ministerio de Fomento, el cual habla sobre las labores del Observatorio. En este informe de ocho páginas, solamente existe una pequeña mención sobre las manchas solares, en la cual se señala que las manchas solares fueron observadas con toda regularidad, menos los días en el que estado atmosférico lo impedía o se hacía mantenimiento al telescopio. Encontramos otro ejemplo de esto si observamos la pequeña cantidad de publicaciones encontradas que estuvieran relacionadas con las manchas solares.

Yo creo que este proyecto tuvo un papel importante en la historia del Observatorio debido a la continuidad y a su papel formativo como lo explicaré a continuación. Sin embargo, éste no era el proyecto al cual le dedicaran más tiempo. El proyecto más importante, el cual involucraba al Observatorio con otros observatorios del mundo, fue Carta del Cielo. A pesar, de este compromiso adquirido por parte del Observatorio, los astrónomos en el OAN se tomaban el tiempo de realizar estas observaciones de las manchas casi diariamente, tal vez debido a que todas las observaciones relacionadas con Carta del Cielo se

hacían en las noches. Los cálculos relacionados podrían hacerse después de tomar las observaciones de manchas solares, las cuales se hacían en la mañana. De cualquier manera, el tiempo invertido nos indica el valor que le daban al proyecto, ya que se realizó durante todo el periodo que abarca esta tesis, y les permitió generar una práctica exclusivamente astronómica. Es decir, este proyecto también cumplió la función de consolidar al observatorio como un observatorio astronómico, ya que era una actividad puramente científica. Asimismo, esta práctica pudo servir para diferenciarse de los astrónomos amateurs y para validarse como observatorio en el extranjero. Sin embargo, no se tiene evidencia histórica que sustente el hecho de que el Observatorio se comunicara con astrónomos en el extranjero sobre temas de las manchas solares.

Para el Observatorio, las observaciones de las manchas solares también tuvieron un papel como actividad formativa. En las memorias de Gallo, él nos comenta que una de las actividades que más le atraía era la observación de las manchas solares. Gracias a esta actividad, se interesó por los fenómenos solares, aprendiendo a observar las protuberancias solares con la ayuda de Ángel Anguiano.

Este trabajo representa un nuevo acercamiento que nos permite completar el panorama de las observaciones realizadas en el Observatorio. Aunque ya se ha analizado al OAN desde las perspectivas de las comunidades, de la comunicación, entre otras, este trabajo amplía el panorama y lo complementa. Gracias al ángulo analítico utilizado se tiene un mejor grado de acercamiento a este tema, en comparación a trabajos anteriores. Las anteriores perspectivas son muchos más generales (hablan sobre los instrumentos, los edificios, entre otros), lo que nos da una buena idea del OAN. En cambio, esta perspectiva particular aunque no nos da una visión general, sí nos habla de detalles específicos del Observatorio, así como pormenores propios del mismo, lo cual es una nueva aportación que da este trabajo al panorama general del Observatorio.

La descripción detallada contenida en este trabajo sobre las observaciones solares en el Observatorio, no se había realizado. Este detalle reúne a todos los elementos, y hace que

se entienda lo que se hacía. Lo que nos dice es que las observaciones de las manchas solares se ejecutaban como un proceso. Lo primero que realizaban era las observaciones de las manchas a través del método de proyección, después dibujaban las manchas e indicaban los grupos de manchas. Durante el periodo que tomaban fotografías, éstas se realizaban después de observarlas por el método anterior, en promedio a las 9:40am. Posteriormente, dibujaban las manchas solares detalladamente, para finalmente sintetizar las observaciones con estadísticas de las manchas solares.

De ninguna manera este trabajo ha agotado el tema de las observaciones solares realizadas en el OAN. Este trabajo podría ser continuado y complementado con un estudio sobre las observaciones de protuberancias solares que también fueron realizadas en el Observatorio. Asimismo, sería interesante saber si otros proyectos que fueron llevados a cabo en el OAN también tenían la continuidad que tuvo el estudio de las manchas solares. Se necesitan más trabajos relacionados con estos temas para tener una imagen global de lo que sucedía en el Observatorio.

Una característica importante de este trabajo es que demuestra que gracias al FOAN, a la biblioteca del IA, al Fondo Reservado de la Hemeroteca y a la Biblioteca Central de la UNAM, se puede contar esta historia de manera más completa. Se puede reconstruir el proceso que se realizaba para observar a las manchas solares ya que se tienen todos estos documentos conservados. Sin embargo, no se encontraron todas las fuentes que se hubiera querido, ya que no se encontraron todos los *Boletines* del Observatorio, lo que hubiera sido de gran ayuda para encontrar más publicaciones de observaciones solares realizadas en el Observatorio. Por lo tanto, creo que sería importante crear una conciencia para preservar el material histórico, para tener una mejor idea de la ciencia que se realizaba en el pasado, y así entender mejor la ciencia que se hace ahora.

## Anexo 1

En la Tabla 1, tenemos un resumen sobre los dibujos de las manchas solares que se realizaban en el Observatorio Astronómico Nacional. Las filas que se encuentran sombreadas son los años en los cuales sólo tenemos evidencia indirecta de la realización de los dibujos, gracias al *Anuario* y *Boletín* del observatorio.

En la Tabla 2, tenemos otras maneras de plasmar las observaciones que se realizaban sobre las observaciones de manchas solares. Las principales son los llamados diagramas de rotación de Carrington, la reducción y resumen de las observaciones y gráficas de la distribución de manchas.

En la Tabla 3, se tienen el número de placas fotográficas por mes, durante los años especificados. También se detalla la hora de la observación de las placas fotográficas.

La Tabla 4 nos presenta a los observadores de las manchas solares durante el lapso de tiempo que abarca este trabajo. La tabla incluye las técnicas y el instrumento utilizados, así como sus publicaciones.

**Tabla 1. Dibujo.**

Fecha	Días observados	Comentarios
1887		
1888	330	Determinaban su posición y anotaban algunas características y se acompañando fotografías del Sol cuando las manchas fueron de importancia.
1889	330	
1890	340	En las anotaciones que se publican en el boletín, se describen las manchas o faculas observadas y su evolución durante cada mes.
1891	331	Dibujos de diferentes zonas de la superficie solar, con sus respectivas manchas.
1892	344	En el Boletín no sólo se encuentra impresa la cantidad de manchas solares observadas, sino que también se firman algunos dibujos.
1893	361	
1894	365	
1895	365	
1896	379	
1897	235	Dibujos de diferentes zonas de la superficie solar, con sus respectivas manchas. Localización de las manchas sobre la superficie solar.
1898	315	
1899	271	
1900	343	
1903*	32	
1903	390	
1904*	308	
1904	265	Morfología de la mancha, dibujos hechos a mano de estas manchas, algunos muy esbozados (Hojas grises) y otros hechos con muchos detalles (Hojas blancas)
1905*	333	
1905	304	
1906*	217	
1906	181	
1914	152	
1915	51	Hojas pequeñas que venían dibujada la circunferencia solar y en ella se encuentran pequeños dibujos de las manchas solares (arraigas)
1916	92	
1917	195	
1918	310	
1919	365	
1920	365	
1921	365	
1922	365	
1923	365	
1924	365	
1925	352	
1926	365	
1927	365	Dibujos de diferentes zonas de la superficie solar, con sus respectivas manchas. Localización de las manchas sobre la superficie solar.
1928	365	
1929	365	
1930	365	
1931	365	
1932	366	
1933	261	
1942	223	
1943	365	
1944	365	
1945	365	
1946	304	

Nota: La sección sombreada comprende datos de los días en los que tenemos evidencia indirecta de la realización de dibujos. \* = Hojas blancas

Tabla 2. Otras representaciones

Fecha	Días observados	Comentarios
1905	6	Diagramas de rotación de Carrington. Rotación solar manchas sobre la superficie.
1911	365	Reducción de datos observados. Tablas con la fecha, hora, número, latitud y longitud de la mancha, superficie de la mancha, faculas (latitud y longitud), tipo de manchas y notas.
1912	365	
1913	181	
1914	181	
1916		
1919	215	
1922	365	
1936	365	
1937		Resumen de las observaciones de manchas solares. Días de observación en cada mes. Número de manchas observadas en cada mes. Superficie manchada. Distribución del número de manchas por latitudes heliográficas, (Hemisferio boreal y austral). Distribución por latitudes de las superficies manchadas.
1937		Gráficas de la Distribución de las manchas solares. Área total de la superficie solar manchada.
1937	7365	Reducción de datos observados. Tablas con la fecha, hora, número, latitud y longitud de la mancha, superficie de la mancha, faculas (latitud y longitud), tipo de manchas y notas.
1938		Resumen de las observaciones solares. Días de observación en cada mes. Número de manchas observadas en cada mes. Superficie manchada. Distribución del número de manchas por latitudes heliográficas, (Hemisferio boreal y austral). Distribución por latitudes de las superficies manchadas.
1938		Gráficas de la Distribución de las manchas solares. Área total de la superficie solar manchada.
1939		Resumen de las observaciones solares. Días de observación en cada mes. Número de manchas observadas en cada mes. Superficie manchada. Distribución del número de manchas por latitudes heliográficas, (Hemisferio boreal y austral). Distribución por latitudes de las superficies manchadas.
1939		Gráficas de la Distribución de las manchas solares. Área total de la superficie solar manchada.
1939	365	
1940		Reducción de datos observados. Tablas con la fecha, hora, número, latitud y longitud de la mancha, superficie de la mancha, faculas (latitud y longitud), tipo de manchas y notas.
1940		Resumen de las observaciones solares. Tabla de distribución de las manchas.
1941		
1946	304	Reducción de datos observados. Tablas con la fecha, hora, número, latitud y longitud de la mancha, superficie de la mancha, faculas (latitud y longitud), tipo de manchas y notas.

Tabla 3. Placas fotográficas

Fecha		Número de placas	Hora promedio
1906	Abril	2	10:14 a.m.
	Mayo	1	No agible
	Junio	3	11:02 a.m.
	Julio	2	12:00 a.m.
	Agosto	12	09:54 a.m.
	Septiembre	11	09:36 a.m.
	Octubre	2	10:21 a.m.
	Noviembre	5	09:23 a.m.
	Diciembre	12	08:46 a.m.
	1907	Enero	2
Febrero		2	08:54 a.m.
Abril		8	09:23 a.m.
Mayo		4	09:07 a.m.
Junio		1	10:15 a.m.
Julio		5	09:42 a.m.
Agosto		7	10:10 a.m.
Septiembre		7	10:10 a.m.
Noviembre		3	11:10 a.m.
Diciembre		1	10:20 a.m.
1908	Enero	6	10:04 a.m.
	Febrero	9	10:09 a.m.
	Marzo	1	09:25 a.m.
	Abril	19	10:14 a.m.
	Mayo	9	10:51 a.m.
	Agosto	3	10:08 a.m.
	Octubre	9	09:40 a.m.
	1909	Febrero	1
Abril		27	10:19 a.m.
Junio		14	09:37 a.m.
Julio		10	09:17 a.m.
Agosto		6	08:53 a.m.
Septiembre		4	09:29 a.m.
Octubre		4	09:40 a.m.
Noviembre		19	09:32 a.m.

Fecha		Número de placas	Hora promedio
1910	Enero	8	10:21 a.m.
	Febrero	15	09:38 a.m.
	Marzo	14	09:50 a.m.
	Abril	4	10:45 a.m.
	Noviembre	1	09:18 a.m.
1911	Enero	1	11:00 a.m.
	Febrero	4	10:47 a.m.
	Marzo	6	08:30 a.m.
	Abril	13	08:50 a.m.
	Mayo	2	09:38 a.m.
1912	Julio	1	10:10 a.m.
	Septiembre	1	10:10 a.m.
	Marzo	6	08:46 a.m.
	Abril	6	09:55 a.m.
	Agosto	1	09:45 a.m.
	1912	Septiembre	1
1914	Octubre	3	08:55 a.m.
	Abril	5	09:11 a.m.
	Julio	3	09:12 a.m.
	Septiembre	1	08:48 a.m.
	Octubre	2	10:00 a.m.
1915	Noviembre	7	09:38 a.m.
	Abril	1	09:56 a.m.
1916	Mayo	4	08:43 a.m.
	Septiembre	1	10:45 a.m.
1919	Junio	1	09:06 a.m.
1921	Mayo	1	No agible
1931	Febrero	1	No agible
1937	Enero	7	10:45 a.m.
1938	Noviembre	3	10:34 a.m.
	Sin fecha	18	

Tabla 4. Observadores

Fechas	Nombre	Instrumentos	Técnicas	Comentarios	Publicación
Enero - Junio 1889	Felipe Valle	Telescopio Altimut	Resumen de observaciones	Registro diario de manchas	Anuario 1891
Enero- 1890	Valentín Gamra	Telescopio Altazimut	Resumen de observaciones	Tablas con resumen de observaciones	Boletín 1890
1891 - 1902	Juan Gomez	Telescopio ecuatorial 0.38m (1892 - 1895), z. ecuatorial de 0.15m	Dibujos del proquis solar en libretas	Los dibujos no son muy elaborados	Anuario 1892
1902 - 1906	Diaz Lombardo	Telescopio ecuatorial	Dibujos de la morfología de la mancha	Dibujos muy elaborados de las manchas.	Las manchas solares las lluvias en la Cd. De Mexico' Sociedad Científica Antonio Alzate.
1903, 1923 - 7	Francisco Escaño	Fotoneflografo Dallmeyer	Placas fotográficas		
1908, 1909 - ?	E. Carrasco	Fotoneflografo Dallmeyer	Placas fotográficas		
1918, 1923, 1936-1946	Eligio Urtega	Fotoneflografo Dallmeyer	Resumen de observaciones, gráficas	Tablas con resumen de observaciones. Gráficas de la distribución de manchas	Boletín 1942
1923	Francisco Escalante	Fotoneflografo Dallmeyer	Resumen de observaciones	Tablas con resumen de observaciones	
1936	Rosendo Sandoval	Fotoneflografo Dallmeyer	Resumen de observaciones	Tablas con resumen de observaciones	

## Bibliografía

- Aubin, D., C. Bigg, C. y O. Sibum (eds.) (2010). *The heavens on Earth. Observatory Techniques in Nineteenth-Century Science and Society*. Duke University Press. Durham y Londres.
- Anuario del Observatorio Astronómico de Tacubaya*. (1891, 1893, 1894, 1897). Imprenta y Fototipia de la Secretaria de Fomento. México.
- Balbuena, J. (2010). *La astronomía en México a través de la prensa (1919-1928). Un estudio de caso en la relación ciencia-sociedad*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bartolucci, J. (2000). *La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos*. UNAM-Plaza Valdéz. México.
- Bigg, C. (2011) "A visual History of Jean Perrin's Brownian Motion Curves" en Daston, L. y E. Lundbeck (eds). *Histories of Scientific Observation*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Biro, S. "Las historias de la astronomía en México", en Kleiche, M., J. Zubieta y M.L. Rodríguez-Sala (Coords.), en Desarrollo y estructuración de los trabajos históricos sobre las ciencias: el caso de la institucionalización de las disciplinas científicas en México (siglos XVIII, XIX y XX). UNAM-IRD (en prensa).
- Biro, S. (2010) "The Birth of the Mexican National Astronomical Observatory" en L. Pigatto, y V. Zanini (eds), *Astronomy and its Instruments Before and After Galileo*. IAU – INAF, Padua.
- Boletín del Observatorio Astronómico de Tacubaya* (1890). Tomo I.
- Boletín del Observatorio Astronómico Nacional* (1912, 1914, 1916). Número 1 -6. Imprenta y Fototipia de la Secretaria de Fomento.
- Bowler P. e I.R. Morus (2007). *Panorama general de la ciencia moderna*. Crítica. Barcelona.

- Bray R.J. y R.E. Loughhead. (1965). *Sunspots*. John Wiley & Sons. Nueva York.
- Daston, L. (2011) "The Empire of Observation, 1600-1800" en Daston, L. y E. Lundbeck (eds). *Histories of Scientific Observation*. The University of Chicago Press, Chicago
- Daston, L. y E. Lunbeck (2011). *Histories of Scientific Observation*. The University of Chicago Press. Chicago.
- Gallo, J. (1927). "Las manchas solares y las lluvias en la Ciudad de México". *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*. Tomo 47.
- Gallo, J. (1958). "Mis recuerdos del Observatorio Astronómico Nacional". Fondo Joaquín Gallo, AHUNAM.
- Hufbauer, K. (1991). *Exploring the Sun. Solar science since Galileo*. The Johns Hopkins University Press. Washington.
- Moncada, O. e I. Escamilla (1993). "La geografía en México en el siglo XIX. Institucionalización y Profesionalización". *Ciencia*. 44.
- Moreno, M. (2003). "El Observatorio Astronómico Nacional en el Castillo de Chapultepec" Galindo et al. (eds). *Lajas Celestes, astronomía e historia en Chapultepec*. CONACULTA-INAH-UNAM. México.
- Moreno, M. (1991) "Telescopios que han influido en el desarrollo de la astronomía y la astrofísica en México". *Quipu*. Vol. 8. Núm. 1.
- Moreno, M. y J. Vaquero (2008) "Historical Sunspot Records From Mexico". *Geofísica Internacional*. Vol. 47. Núm 3.
- Ordoñez, J. (2001). *Ciencia, tecnología e historia: relaciones y diferencias*. Editorial Planeta. México.
- Pang, A. (1994) "Victorian Observing practices, printing technology, and representations of the solar corona; (1): the 1860s and 1870s." *Journal for the History of Astronomy*. Vol. XXV. Núm 4.

- Pang, A. (2012). *Empire and the Sun. Victorian Solar Eclipse Expeditions*. Stanford University Press. California.
- Puga, G. B. (1893). *Descripción del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya*. Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento. México.
- Sandoval, R. (1939). "Aspectos Fundamentales del magnetismo terrestre". *Revista de la Sociedad de Estudios Astronómicos y Geofísicos*. Tomo IV.
- Secord, J. (2004). "Knowledge in transit". *Isis*. Vol. 95. Núm. 4.
- Téllez, E. (2003). *Observatorio Astronómico Nacional. Trabajos fotográficos y geográficos bajo la dirección de Ángel Anguiano (1877-1899)*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Metropolitana.
- Vaquero J, R. Trigo, M. Gallego, M. Moreno. (2007). "Two Early Sunspots Observers: Teodoro de Almeida and José Antonio Alzate". *Solar Physics*. Vol. 240. Núm 1.
- Weldon, S. (2010-2012). *Isis Current Bibliography of the History of Science and Its Cultural Influences*. The University of Chicago Press. Chicago.