

## DISCURSO DEL PROFESOR MARIO DUJISIN

ALBERTO OBRECHT, EL ASTRÓNOMO E INVESTIGADOR CIENTÍFICO

En la historia de la Astronomía, como en todas las ciencias, hay fechas memorables que marcan, con rastros indelebles, acontecimientos trascendentales que significan puntos de partida de descubrimientos, cambios de rumbos de hipótesis y, en general, avances revolucionarios hacia la verdad científica, recorriendo el velo de la ignorancia y liberando al espíritu de la tara supersticiosa. Tal ocurrió en 1571 con el nacimiento de Képler y en 1642 cuando nació el autor de la Ley de la Gravitación Universal.

La Astronomía chilena —modesta rama de la mundial— tiene subrayadas, en su almanaque de acontecimientos decisivos y culminantes, entre otras, tres fechas memorables, que son tres puntales del homenaje que hoy se rinde al investigador científico que más ha hecho por ella en el primer siglo de su existencia; y estas tres épocas notables de la efemérides histórica de la Astronomía en Chile son: el 14 de septiembre de 1858, día en que viera por primera vez la luz material, en la capital de Alsacia, el eminente astrónomo teórico Alberto Obrecht; febrero de 1888, cuando llegó a Chile contratado por el visionario director del Observatorio, ingeniero don José Ignacio Vergara, y el 9 de mayo de 1889, fecha en que el ilustre Presidente Balmaceda y su ministro de educación don Julio Bañados Espinosa, tuvieron el acierto de designarlo director del Observatorio Nacional de Santiago, no obstante tener apenas 30 años de edad.

Cuando el más ilustre de los investigadores científicos que ha tenido nuestro Instituto, desde su fundación, en 1852, hasta la fecha, fué nombrado, el S. Gobierno de entonces no hizo otra cosa que reconocer los méritos de un hombre que ya se había prestigiado en los 10 años trabajados en el Observatorio Astronómico de París, desde antes de recibir su título de astrónomo, título que obtuvo en la Universidad de París en 1880, a los 22 años de edad. Sus estudios anteriores los efectuó en el Liceo de Versailles, en la Escuela Politécnica de París, donde más tarde fué profesor, y en el famoso Colegio de Francia; en 1881 se licenció en Matemáticas y al año siguiente en Ciencias, titulándose de Ingeniero; en 1884 se doctoró en Matemáticas y Filosofía.

Durante la década en que se desempeñó como astrónomo de París realizó importantes observaciones de profundo significado científico, como es el estudio que hizo de los eclipses de los cuatro satélites de Júpiter que, hasta entonces, eran los únicos conocidos; este trabajo fué considerado tan importante que mereció los honores de ser publicado en los Anales del Observatorio de París. El estudio que en ese tiempo hizo sobre la paralaje solar también fué distinguido con la publicación de él hecha por la Academia de Ciencias de París. Otro trabajo de gran

envergadura que hizo durante su permanencia en Francia es el estudio de la Libración de la Luna, mediante 121 observaciones de las posiciones de un cráter, hechas en el Ecuatorial Condé de París, en un lapso de más de  $1\frac{1}{2}$  año, terminado 5 meses antes de llegar a Chile; los resultados de estas observaciones astronómicas y la teoría de las libraciones de la Luna fueron publicadas en una memoria que presentó en 1899, incluida en el tomo III del Anuario de nuestro Observatorio, correspondiente al año 1900.

A los cuatro meses de asumir su cargo de Astrónomo 1.º del Observatorio Nacional de Santiago, el señor Obrecht fué enviado por el director señor Vergara, al norte de Chile, para determinar las Coordenadas Geográficas de algunas ciudades. En este viaje, que demoró 10 meses, quedaron determinadas la longitud, la latitud y la declinación e inclinación magnéticas para Antofagasta, Caldera, Copiapó, La Serena y Coquimbo; sus resultados, como también la teoría general en que se basan las observaciones astronómicas, fueron publicadas en 1890, en los Anales del Observatorio Nacional. Este trabajo, al igual que todos los del señor Obrecht, constituye un verdadero tratado en que se desarrolla la teoría y se discuten los resultados. Las referencias a las publicaciones del señor Obrecht se hacen, en esta primera parte de la biografía del investigador científico, en forma sumaria, ya que serán tratadas de manera más detallada en los anexos que constituyen la 2.ª parte; se ha elegido este método biográfico porque la bibliografía científica del señor Obrecht es tan fecunda que nos ocuparía varias horas el referirnos en forma detallada a sus obras; sin exageración, podemos considerar al señor Obrecht como un Lope de Vega en Astronomía y Geodesia.

El 9 de mayo de 1889, pocos días después de su regreso a Santiago, falleció su jefe, don José Ignacio Vergara, debiendo asumir la dirección, por primera vez, cargo que conservó durante casi 20 años, hasta octubre de 1908, fecha en que se retiró del Observatorio. Una de las primeras cosas que hizo el señor Obrecht fué la instalación del Ecuatorial fotográfico Gauthier, cuyo diseño fué recomendado en 1887, por el Congreso Internacional Astrofotográfico de París. En 1891 fué miembro fundador y primer presidente de la Sociedad Científica de Chile, la que, el 20 de diciembre de 1909, lo designó, por unanimidad de votos, Miembro Honorario de ella «en atención a los importantes servicios prestados desde su fundación, como presidente durante 8 años, como miembro del Consejo y como activo colaborador que ha presentado trabajos de verdadero interés científico». Entre otras interesantísimas conferencias científicas del señor Obrecht, debemos mencionar una en que hizo la demostración experimental de la variación aparente del plano de oscilación del péndulo de Foucault; además, son dignas de mencionarse sus interesantes conferencias y polémicas sobre la Carta Militar de Chile. Sobre este último tema, en 1909, el Estado Mayor del Ejército publicó un folleto conteniendo los trabajos geodésicos de la Carta Militar de Chile, hechos por el señor Obrecht durante su cargo de Consultor Técnico civil de dicho Estado Mayor.

En 1892, a pesar de sus nuevas preocupaciones como profesor de Cálculo Infinitesimal de la Facultad, observó meticulosamente la oposición favorable del planeta Marte, publicando los resultados con una serie de dibujos del planeta, en las memorias de los Anales de la Universidad de Chile correspondiente al N.º 81 del año 1892. En este mismo número de los Anales publicó un método general para

determinar las correcciones de la refracción en las observaciones micrométricas, trabajo acompañado de tablas para el cálculo de la refracción en Santiago. Otro interesante trabajo que aparece en este tomo es un nuevo método para el cálculo de los eclipses de Sol con su aplicación a los dos eclipses que serán visibles en Santiago en 1893, el 1.º total y el 2.º anular, aunque en Santiago debían ser ambos parciales. El 1.º de éstos, del 16 de abril, fué observado por tres comisiones, una a cargo del astrónomo de Lick, señor Schaeberle; otra, también norteamericana, a cargo del famoso astrofísico Pickering, y la 3.ª, chilena, presidida por el señor Obrecht. El señor Obrecht creyó, en esa oportunidad, haber advertido la existencia de atmósfera en la Luna, aunque no lo asegura, limitándose a llamar la atención sobre esta posibilidad para futuras observaciones de eclipses. Con motivo de ese eclipse, un niño de 7 años, llamado Rosauo Castro, que estaba entre los curiosos que recibieron a los astrónomos en el valle del Huasco, tomó su vocación futura impresionado por la personalidad y amabilidad del señor Obrecht.

En el mismo tomo de los Anales en que se refiere al eclipse total observado en 1893, publica un interesante trabajo sobre la determinación de las constantes de un Ecuatorial, en el que hace un estudio de las condiciones que debe satisfacer un Ecuatorial bien montado. El programa de observaciones de ocultaciones de estrellas por la Luna, iniciado en 1892, se continúa en los años 94, 95, 96 y 97. Sobre esta materia publicó, el Boletín de la Sociedad de Ingeniería, en el N.º 2 de mayo de 1895, la manera de predecir el fenómeno de la ocultación y el cálculo de la longitud geográfica por la observación de la ocultación de una estrella, que fué materia de una conferencia que el señor Obrecht dió en dicha Sociedad, de la cual era miembro.

En el mismo año publicó un trabajo sobre el dibujo práctico del mapa de Chile, indicando el sistema policónico como el más lógico.

En 1897, la Facultad, de la cual ya era miembro docente, lo hace su miembro académico en reemplazo de don Angel Vásquez. En el mismo año hizo 28 observaciones mediante lo que el señor Obrecht llamó péndulo reversible de Santiago, que es un péndulo de Kater transformado; por medio de estas observaciones calculó el valor de la gravedad en Santiago; este largo y cuidadoso estudio, hecho en la sala meridiana del Observatorio, fué publicado en el tomo I del Anuario, correspondiente al año 1898, el primero de los Anuarios del Observatorio. En este mismo número el señor Obrecht publica un estudio completo, y muy avanzado para ese tiempo, de la precesión luni-solar. A partir del año 1898 el Observatorio, bajo la 1.ª Dirección Obrecht, publicó los Anuarios correspondientes a los años 1899, 1900, 1903, 4, 5, 6 y 7; todos éstos contenían, aparte de información y datos astronómicos, meteorológicos y sísmicos, memorias científicas, de gran valor teórico y práctico, de él y de sus colaboradores inmediatos como Taulis, Greve y Krahnass.

El Boletín de la Sociedad de Ingeniería publicó, en 1899, una conferencia dictada por el señor Obrecht en el seno de ella, sobre la desviación de la vertical, que es un verdadero tratado sobre el achatamiento del geoide y del ángulo de la vertical en un punto cualquiera de la tierra. En el mismo año, en el tomo II del Anuario, publica un extenso trabajo, con 24 observaciones fotográficas que abarcan 2½ años, explicando el movimiento del polo terrestre y su determinación mediante la fotografía. A mediados de 1900, el señor Obrecht se trasladó al límite

entre los departamentos de Pisagua y Arica y, en el transcurso de un mes, determinó por métodos astronómicos las coordenadas geográficas de Hacienda Camarones, Huancarani, Esquiña, Arepunta, Chilcaya y Arica. Los resultados, con la explicación del método y de las observaciones, los publica en el tomo III del Anuario de 1900. En este mismo tomo publica un verdadero tratado sobre la manera de calcular las órbitas de astros nuevos, dando al respecto la aplicación al caso del cálculo de los elementos de un cometa.

Como delegado de Chile al Congreso Científico Latino-americano, fué a Montevideo en 1901, donde presentó dos importantes trabajos: «Movimientos del plano orbital de la Luna» y «Consideraciones sobre el principio de D'Alambert y su aplicación a la hidrodinámica». Las últimas obras sobre Astronomía y Geodesia que escribió en su primera dirección del Observatorio son: «Pares de Estrellas», impresa en un folleto en 1907 en la que da un método sencillo de determinación de la hora mediante el teodolito, que incluye una tabla de 130 pares de estrellas distribuidas más o menos uniformemente en el lapso de un día sideral, y la «Carta Militar de Chile», trabajo publicado en 1909, al cual ya hemos hecho referencia.

En el lapso de 5 años —de 1908 a 1913—, en que el señor Obrecht estuvo alejado del Observatorio, continuó publicando trabajos de verdadera importancia, dictando charlas y haciendo divulgación científica por la prensa, además de su labor docente en la Universidad. En esta época publicó tres trabajos sobre Geodesia y uno sobre Astronomía; el Estado Mayor del Ejército imprimió un folleto, en el cual aparece, en francés, un trabajo del señor Obrecht en colaboración con el señor Monardes, titulado «Compensación de una Red Geodésica en Forma de Cadena Cerrada», en el cual se refiere a la red central de la Carta Militar de Chile. En 1910 publicó un folleto que contiene el informe que, como Consultor Técnico civil, presentó al Estado Mayor General sobre la «Posición Geográfica de una Pirámide Geodésica en San Rafael». Su trabajo «Cálculos Geodésicos», publicado en los Anales de la Universidad y en un folleto impreso en 1911, es un breve, pero interesante tratado de Geodesia. Por último, en los Anales del Instituto de Ingenieros, entidad presidida entonces por los señores Ascanio Bascuñán y Francisco Mardones, y de la cual el señor Obrecht ya era miembro honorario, se publicó en noviembre de 1912 su conferencia sobre la «Teoría de las mareas», en la que hace un estudio muy completo del tema.

En el año 1913, con motivo del fallecimiento del Director del Observatorio, señor Ristempart, el gobierno resolvió designar nuevamente Director al señor Obrecht, con lo cual daba satisfacción al clamor público de que, con el sabio Obrecht, se había cometido una injusticia en 1908. Consta en numerosas actas de asociaciones de ingenieros de Chile y en muchos artículos de prensa, la forma insistente y reiterada en que se solicitaba la reincorporación del ilustre astrónomo.

Como nuevo Director tuvo que dar término al traslado definitivo del Observatorio desde Quinta Normal a su actual ubicación, labor que había sido comenzada en la Dirección anterior. En 1914 reinició la publicación del Anuario, la que se continuó en forma ininterrumpida hasta el año 1921, inclusive, conteniendo siempre interesantes trabajos teóricos y prácticos.

Durante su segunda dirección, el señor Obrecht continuó sus publicaciones

geodésicas y astronómicas. Debemos citar, principalmente, el folleto titulado «Teoría de la Representación Conforme de los Puntos de la Tierra sobre un Plano», que es un sistema propuesto por Gauss para emplearse en los mapas terrestres. También publicó una «Nueva Teoría de la Figura de los Cuerpos Celestes» que, en realidad, se refiere al achatamiento de los planetas. En 1918 publicó las «Nuevas Tablas Náuticas», que permiten obtener, sin cálculo logarítmico, la altura y el acimut de un astro, conocidos su ángulo horario y su declinación.

Los estudios que hiciera sobre movimientos del suelo en Santiago se encuentran en las actas de la Sociedad Científica de Chile, y, al respecto, en varias ocasiones, hizo interesantes declaraciones de divulgación científica por la prensa, con el objeto de desvirtuar falsas alarmas sobre presuntos cataclismos sísmicos, en los que se fijaban días críticos por ignorantes y charlatanes de profesión. Así, en una de sus declaraciones, prestigiada por su autoridad científica, dice textualmente, entre otras cosas: «Ruego a Ud. se sirva publicar estas pocas líneas para manifestar, desde luego, mi extrañeza que haya personas tan poco discretas para atreverse a predecir cataclismos, sin tener base científica ninguna para ello». En los Anales del Instituto de Ingenieros publicó, además de los trabajos ya mencionados, otros sobre ingeniería, partición de aguas, movimiento de los trenes, choque de los cuerpos, etc.

A raíz de la observación que hiciera el 6 de noviembre de 1914 del tránsito de Mercurio por frente al disco del Sol, encontró el valor de  $8''.8$  para la paralaje solar, valor que ha sido confirmado a través de 38 años de rigurosas y modernas mediciones. La calidad científica del señor Obrecht ha quedado demostrada una vez más, con el hecho que, actualmente, en nuestro Observatorio Astronómico se utiliza el mismo método de reducción de las observaciones meridianas para determinar la hora, que él introdujera hace tantos años.

En sus trabajos de determinaciones de coordenadas geográficas, que realizara personalmente, el señor Obrecht recorrió Chile desde la latitud  $-18^{\circ}49'$ , que corresponde a Chilcaya, algo al sur de Arica, hasta llegar más al sur de la isla de Chiloé, en la latitud  $-43^{\circ}54'$ , que corresponde a la isla de Melinca. En estos viajes determinó, por medio de observaciones astronómicas, las coordenadas de 32 localidades y las de otras tres por medio de triangulaciones geodésicas. Al mismo tiempo que las coordenadas geográficas, el señor Obrecht determinaba la declinación e inclinación magnéticas de los lugares que visitaba, haciendo interesantes estudios sobre el magnetismo terrestre; en una de sus publicaciones hace referencia a las perturbaciones magnéticas, adelantándose a las teorías modernas sobre perturbaciones en el campo magnético terrestre, y así dice que, «aunque no se conoce la causa de éste ni las leyes de su variación, se ha observado que todos los días la declinación y la inclinación acusan pequeñas oscilaciones, como si el sol tuviera alguna influencia; también menciona las oscilaciones mensuales que, presumiblemente, se deben a la luna; por otra parte —dice— se ha creído encontrar cierta relación entre el período de algunas oscilaciones de la aguja imantada y el de las manchas solares. En cuanto a la influencia de alguna conjunción de astros, es hasta ridículo pensar en ello».

A causa del ataque cerebral que sufriera en 1922, el sabio Obrecht dejó de actuar de hecho como Director del Observatorio, y en octubre de 1923 jubiló por

ley especial de la República, en vista de los importantes servicios que prestara a la Nación durante treinta y cinco años. Desgraciadamente, alcanzó a gozar poco de su merecido descanso, ya que el sábado 17 de mayo de 1924 —fecha aciaga para la astronomía chilena— falleció en Valparaíso el más ilustre y sabio de los astrónomos de nuestro Observatorio.

Entre los homenajes necrológicos que recibiera el investigador científico que el gobierno francés designara Oficial de Academia e Instrucción Pública de Francia, no obstante su larga y definitiva ausencia del suelo natal, sólo mencionaremos el del ingeniero don Santiago Labarca que, en uno de sus párrafos, dice: «Pasó la vida dedicado al estudio de integrales elegantes como cuellos de cisnes y de las estrellas luminosas como ojos de mujer». Más adelante agrega: «El charlatanismo hincó sus garras muchas veces en él; porque no predijo un terremoto y porque sostuvo que no podía predecirlos en el futuro, perdió la Dirección del Observatorio Astronómico».

#### ANEXOS BIBLIOGRÁFICOS SOBRE EL SEÑOR A. OBRECHT

*I. Coordenadas geográficas de algunas ciudades de Chile.*—(Publicado en los Anales del Observatorio Nacional de Santiago. Extracto, folleto impreso en 1890, conteniendo 135 págs. sobre el tema).

Dice el señor Obrecht que a fines de junio de 1888, el Director señor Vergara, a pedido del Ministerio de Obras Públicas, designó una comisión formada por el primer astrónomo señor Obrecht y el tercer astrónomo señor Lagarde para que se trasladara al norte a determinar las coordenadas de algunos puntos del territorio nacional; el astrónomo segundo señor Devaux quedó en Santiago para atender las observaciones y comunicaciones necesarias. La Comisión llevó el siguiente material científico: un instrumento universal Repsold; un círculo de reflexión Pistor y Martins con horizonte artificial; un pequeño ecuatorial; dos cronómetros de tiempo sideral; un barómetro Fortin; un termómetro centígrado; un magnetómetro de Meyerstein.

La primera preocupación en cada lugar era, naturalmente, determinar el meridiano del lugar y hacer la corrección del cronómetro mediante comunicaciones telegráficas con Santiago. Durante casi 10 meses —desde el 27 de junio de 1888 hasta el 19 de abril de 1889— la Comisión determinó las coordenadas geográficas de Copiapó, Caldera, Antofagasta, La Serena y Coquimbo, en el orden indicado; al regreso a Santiago, los señores Obrecht y Devaux determinaron su ecuación personal.

Además de dar la descripción detallada del viaje, del instrumental y de la manera de usarlo, el señor Obrecht explica la teoría en que basa sus observaciones y cálculos, discute los resultados mediante las correcciones, determina las constantes instrumentales y da el detalle de las series de observaciones hechas. Complementan este trabajo los informes que le presentaron el señor Devaux sobre sus observaciones en Santiago y el señor Lagarde sobre sus observaciones de latitudes.

*II. Magnetismo terrestre.*—(Publicado como segunda parte del impreso anterior, en 22 páginas sobre el tema).

Hace una exposición de la teoría y del cálculo de la declinación y la inclinación magnéticas y de la componente horizontal de la fuerza magnética. Dice que una vez determinada la inclinación mediante la Brújula de Inclinación —instrumento que describe detalladamente—, se procede a determinar el meridiano magnético por medio de un teodolito adaptado especialmente, que está en combinación con un imán cilíndrico de acero hueco; conocidos los meridianos magnético y geográfico, queda determinada la declinación magnética del lugar. Respecto de la componente horizontal, indica que el método de Gauss permite obtener de las observaciones los valores del producto y del cociente entre el momento magnético y la componente horizontal.

Después de explicar la parte experimental y la teoría completa, terminando los resultados obtenidos para el magnetismo terrestre en las mismas cinco ciudades en que se hizo la determinación de las coordenadas geográficas.

*III. Corrección de la refracción en las observaciones micrométricas y tablas de refracción calculadas para Santiago.*—(Publicado en los Anales de la Universidad de Chile, N.º 81, 1892, en 6 páginas).

Dice que para determinar las coordenadas de un astro —es decir, su posición— mediante observaciones micrométricas en el anteojo ecuatorial, lo que se hace, en realidad, es comparar por diferencia sus coordenadas ecuatoriales absolutas con las conocidas de una estrella de referencia vecina, que se encuentra en algún catálogo. Así, el anteojo ecuatorial mide diferencias de coordenadas; pero cada una de las cuatro coordenadas está influida por la refracción atmosférica y, en consecuencia, también quedan influidas y alteradas estas diferencias.

En este breve tratado, el señor Obrecht indica un método general para medir estos incrementos producidos por la refracción, y partiendo del triángulo esférico fundamental PZE, llega a las fórmulas finales que le permiten confeccionar tablas de corrección por refracción para una latitud dada. Termina el trabajo con 2 tablas para Santiago, tomando como doble argumento el ángulo horario y la declinación del astro.

*IV. Nuevo método para el cálculo de los eclipses de sol, y aplicación a los eclipses visibles en Santiago en 1893.*—(17 páginas de la misma publicación anterior).

Este método —que en ese tiempo era realmente muy nuevo— es análogo al que hoy se aplica a la predicción de la ocultación de una estrella por la Luna, y permite calcular las diferentes fases del eclipse, para un lugar determinado de la Tierra, con precisión al minuto. Los datos, referidos al centro de la Tierra, se obtienen de las grandes efemérides —el señor Obrecht usa «*Connaissance des Temps*», 1893, pág. 558— y para reducirlos a un observador situado en la superficie terrestre, es menester hacer las correcciones por paralaje.

El señor Obrecht parte de las fórmulas de Bessel, pero modifica el método de éste, en que deben repetirse los cálculos por aproximaciones sucesivas, para llegar a un procedimiento sencillo, rápido y bastante aproximado. A continuación, da 2 ejemplos correspondientes a los futuros eclipses del 16 de abril y del 9 de octubre de 1893, el primero total y el segundo anular de Sol, ambos visibles en San-

tiago como parciales. Finaliza su trabajo con dibujos explicativos de ambos eclipses y con dos tablas para el cálculo de los elementos para Santiago (Quinta Normal).

V. *Observaciones del planeta Marte*.—(17 páginas en la publicación anterior).

Se refiere a las observaciones hechas por Schiaparelli —10 años antes— de los «canales» de Marte, las que califica de nuevas y extrañas. Le llama la atención que el astrónomo italiano haya podido ver y distinguir con un antejo de 22 cm. lo que Perrotin —Director del Observatorio de Niza— no pudo apreciar más tarde con su antejo de 76 cm. de abertura, como tampoco en el Observatorio de Lick, en ese entonces el más potente del mundo.

Explica que cada 15 años y fracción se producen 7 oposiciones de Marte, una de las cuales es favorable, como en 1892, 1908, etc., por coincidir dicha oposición con una distancia mínima relativa. Dice que en Santiago se posee un ecuatorial superior al de Schiaparelli y que la actual oposición de nuestro vecino se observa mejor en el hemisferio sur, ya que su declinación es tan austral en esta oportunidad que su culminación se verifica casi en el cenit de Santiago. Agrega que por esta razón se están haciendo acuciosas observaciones, obteniéndose una serie de buenos dibujos del disco de Marte. Termina expresando que, a pesar de haber visto unas líneas paralelas en la superficie del planeta, su impresión no es la de «canales»; sin embargo, no niega su presunta existencia. Por último, da indicaciones para la mejor forma de observación del planeta y la manera de remediar algunos defectos en las imágenes.

VI. *Determinación de las Constantes de un Ecuatorial*.—(Publicado en folleto en 1893, 20 páginas, y en los Anales de la Universidad).

Después de describir los dos movimientos del antejo ecuatorial y de algunas partes de él, establece las condiciones que deben satisfacerse para que esté bien montado. Dice que en la práctica ninguna de esas condiciones se cumple rigurosamente, y que los astrónomos persiguen reducir los errores inevitables a un grado suficientemente pequeño como para que no tengan influencia sensible en los resultados. Indica, por último, el modo de reducir estos errores, de manera que su influencia sea inferior a un límite determinado, para cuyo efecto establece las fórmulas del caso.

VII. *Eclipse de Sol del 16 de abril*.—(Folleto, 1893, 4 páginas, y Anales de la Universidad de Chile).

Da cuenta de los resultados obtenidos en la observación del eclipse total de Sol del 16 de abril de 1893, que observó personalmente como presidente de la comisión chilena que actuó en el valle del Huasco. Se refiere a las otras dos comisiones, ambas norteamericanas, una presidida por el astrónomo Schaeberle y la otra por el célebre astrofísico Pickering.

Después de dar una reseña sobre lo que fué la observación y de las condiciones meteorológicas y astronómicas en que se desarrolló el fenómeno, dice que cree haber advertido pruebas de la existencia de atmósfera en la Luna; pero que como no está seguro, llama la atención sobre la observación de futuros eclipses.



VIII. *Dibujo Práctico del Mapa de Chile*.—(Folleto, 1895, 8 páginas, y Anales de la Universidad).

Recomienda el sistema policónico como el que debe aplicarse lógicamente en el dibujo de un mapa. En este sistema, que es ortogonal, los ejes para Chile deben ser la meridiana de Santiago y la perpendicular a ella. Indica que el mapa a gran escala, como lo es de 1 : 100.000, debería dibujarse en varias hojas, ya que en total tendría una longitud de 40 metros, y cada una de estas hojas debería ser considerada como proyección ortogonal de la porción correspondiente del geode sobre el plano tangente. En esta escala, los arcos de meridianos y paralelos pueden ser reemplazados por las cuerdas correspondientes, resultando así que las hojas tendrían la forma de trapecios rectilíneos.

Termina su trabajo con 2 tablas que dan los valores de las distancias al límite norte, de las longitudes de 1° de paralelo y de las dimensiones de los trapecios, tomando como argumento la latitud geográfica.

IX. *Ocultaciones de estrellas por la luna. Predicción del fenómeno y cálculo práctico de la longitud geográfica*.—(Publicado en Boletín de la Sociedad de Ingeniería N.º 2, 1895, en 18 páginas).

Comienza por explicar cómo un observador colocado en el centro de la Tierra vería a la Luna ocultando sucesivamente a las estrellas que están en su trayectoria; en seguida, sitúa al observador en la superficie del geode, llegando a la conclusión de que la ocultación puede alcanzar una duración de  $1\frac{3}{4}$  hora, debido a la composición de las velocidades de traslación de la Luna y de la rotación de la Tierra.

Al referirse a la predicción de la ocultación de una estrella determinada, dice que, como es necesario conocer las coordenadas geográficas del observador para la predicción, en circunstancias que este método sirve para determinar la longitud geográfica del observador, se produciría un círculo vicioso; sin embargo, esta dificultad queda obviada por el hecho de que basta una aproximación grosera de la longitud y, una vez observado el fenómeno, la diferencia entre la hora observada y la calculada permite obtener la longitud geográfica con una precisión de 2 ó 3 segundos de tiempo.

Después de deducir y discutir todas las fórmulas del caso, el señor Obrecht da un método gráfico para el cálculo de los instantes de inmersión y emersión, como también los puntos del borde del disco lunar en que se producirán estos fenómenos. Este método, indicado por el señor Obrecht hace 57 años, está actualmente en uso en nuestro Observatorio para predecir si se efectuará la ocultación para Santiago y conocer aproximadamente los instantes de la inmersión y de la emersión.

X. *Teoría de la precesión Luni-Solar*.—(Anuario del Observatorio, tomo I, 1898, 73 páginas sobre el tema).

En este interesante tratado, el señor Obrecht parte de la hipótesis de que la masa interior de la Tierra está en movimiento respecto de la costra sólida; pero que la densidad de la materia en cada punto del interior permanece sensiblemente invariable.

Después de plantear las ecuaciones generales del problema, considerando un sistema de 3 ejes rectangulares en el espacio, llega a 3 ecuaciones análogas a las de Euler. En ellas están representadas las fuerzas exteriores—llamando así a las atracciones que todos los cuerpos del sistema solar ejercen sobre todos los puntos de la Tierra— y las interiores, debidas a los movimientos relativos de la masa interior.

Dice que los únicos cuerpos del sistema solar que tienen influencia sensible sobre la Tierra son el Sol, por su gran masa, y la Luna, por su gran proximidad, fijándole a la acción de ésta el doble de la acción de aquél; respecto de los planetas, considera despreciables a sus influencias, ya que la masa del conjunto planetario alcanza sólo a 0,001 de la masa solar y su distancia media es bastante mayor que la unidad astronómica. La acción combinada del Sol y la Luna hacen variar a la orientación relativa del eje de rotación de la Tierra en un ángulo del orden de  $0''{,}02$ , cantidad inapreciable a la observación directa; sin embargo, se ha notado una variación en la latitud geográfica que se puede explicar sólo con la hipótesis anterior.

Continúa explicando la precesión de los equinoccios que se manifiesta como movimiento del ecuador terrestre, motivo por el cual el polo describe una elipse cuyo centro recorre en un año un arco de  $6''{,}3$ . Además de esta precesión luni-solar, se refiere a otro movimiento de unos 19 años de período, que es la elipse de la nutación. Termina su trabajo con el estudio de la constante de la precesión, la precesión general, las fórmulas numéricas de la precesión, la influencia de la precesión sobre las coordenadas de una estrella y las coordenadas medias y aparentes de los astros.

*XI. Medida de la gravedad en Santiago.*—(67 páginas en la publicación anterior).

Dice que en 1896 el Observatorio se ocupó, por encargo del Consejo de Instrucción Pública, de la determinación del valor de la gravedad en Santiago, para lo cual dispuso de un péndulo de Kater que, después de varios estudios preliminares hechos en común con el señor Krahnass, se transformó fundamentalmente en lo que llamó Péndulo Reversible de Santiago. Con este instrumento se hicieron una serie de experiencias en la Sala Meridiana del Observatorio. El procedimiento empleado, muy distinto de los demás conocidos hasta entonces, tiene la ventaja de la facilidad de la instalación, de la precisión de los resultados y de ser verdaderamente racional. De las 28 observaciones hechas con el péndulo reversible, se obtuvieron valores para la gravedad en Santiago que variaban entre 9,79470 y 9,79563, de un promedio de 9,7953 para todas ellas, es decir, superior en 0,001 al valor que aceptamos actualmente, y exactamente igual al valor teórico que se obtiene con la fórmula de Bourger.

*XII. Desviación de la vertical.*—(Conferencia dictada en 1897 y publicada en folleto y en el Boletín de Ingeniería en 1899, con un total de 21 páginas).

Es un verdadero tratado sobre el achatamiento del geode, especialmente sobre el ángulo de la vertical en un punto cualquiera de la superficie terrestre. Comienza refiriéndose a la teoría de entonces sobre el geode, demostrando que el

achatamiento teórico es de  $1/232$ ; sin embargo, dice, las mediciones geodésicas directas dan  $1/293,5$ . Manifiesta que Clairaut —mediados del siglo XVIII— obtuvo  $1/305,6$ . (El valor aceptado actualmente, dado por Hayford en 1909, es prácticamente un promedio entre el dado por Clairaut y el resultado de las medidas geodésicas mencionadas por Obrecht).

A continuación, hace varias consideraciones sobre el geode mismo, sobre la imposibilidad de las mediciones directas y sobre las hipótesis que hay que aceptar para resolver el problema del achatamiento. Trata, en seguida, el problema de la desviación de la vertical, diciendo que la discrepancia observada entre las normales al elipsoide teórico de revolución y al geode efectivo, es el ángulo de la vertical en un punto dado de la superficie terrestre, formado por ambas normales, ángulo que se llama desviación de la vertical. Luego de plantear el problema en forma matemática y de hacer las deducciones del caso, tomando en cuenta la acción combinada del Sol y la Luna, termina dando las fórmulas finales.

*XIII. Determinación del movimiento del polo terrestre por medio de la fotografía.*—(Publicado en 121 páginas del Anuario del Observatorio, tomo II, 1893).

Expresa que si se coloca una placa fotográfica en el plano focal de un ecuatorial dirigido al polo, después de algunas horas se tiene una imagen del movimiento diurno, formada por arcos de circunferencias concéntricas que son las trayectorias aparentes de las estrellas próximas al polo. Dice que la comparación de placas de la misma región, pero con algunos meses de intervalo, muestra variación en el centro de estas circunferencias concéntricas, y que el estudio sistemático de las mediciones del desplazamiento del centro nos da el valor del movimiento del polo.

Después de tomar en cuenta y discutir todos los factores accidentales y sistemáticos que influyen en la variación antes mencionada, plantea matemáticamente el problema, llegando a fórmulas finales que muestran que el polo celeste gira en sentido retrógrado con una velocidad angular sensiblemente igual a la del movimiento diurno. El trabajo está ilustrado con el comentario detallado de 24 observaciones fotográficas hechas en Santiago, en un lapso de  $2\frac{1}{2}$  años, con la reducción completa de las observaciones hasta llegar a los resultados finales.

*XIV. Libración de la Luna.*—(Publicado en 105 páginas del tomo III del Anuario del Observatorio, 1900).

Dice que la libración de la Luna —definida como el fenómeno que hace que el centro del disco lunar no conserve una posición invariable respecto de los cráteres vecinos— obedece a causas de 2 especies: a) El movimiento aparente de la Tierra alrededor de la Luna no es uniforme, lo que produce la libración en longitud; y b) El observador no está en el centro de la Tierra, sino que participa de la rotación, causa que produce la libración diurna. Ambas libraciones forman, en conjunto, las libraciones «físicas»; además, dice, se tiene la libración de Cassini, que depende del movimiento de la Luna respecto de su centro de gravedad. Por último, hay otras irregularidades en el movimiento de libración de la Luna que dependen de los movimientos de inercia de nuestro satélite.

Esta publicación, hecha en Santiago, estudia y discute las 121 observaciones

de las posiciones de un cráter próximo al centro de la Luna, que el mismo señor Obrecht hiciera en el ecuatorial Condé del Observatorio de París, en un lapso de casi dos años y que terminó cinco meses antes de llegar a Chile.

En la primera parte de esta memoria hace la descripción del método adoptado para las medidas y para el cálculo de las coordenadas aparentes del cráter lunar elegido, tomando en cuenta la influencia de la refracción atmosférica sobre el contorno del disco y sobre las coordenadas del cráter. Después de aplicar la corrección correspondiente a la variación de la distancia del observador al centro de la Luna y al cráter, en un instante dado, de calcular el radio medio de la Luna y de corregir la distancia del cráter al centro del disco lunar, termina esta parte con el cálculo de los ángulos que más adelante necesitará.

En la segunda parte estudia las libraciones física y de Cassini; determina las coordenadas del cráter referidas al plano orbital de la Luna y obtiene las coordenadas del cráter corregidas por los efectos de ambas libraciones. Termina esta parte con un resumen de las fórmulas empleadas y con las coordenadas definitivas del cráter. La tercera parte se refiere a los resultados de sus 121 observaciones, dando un cuadro en que figuran todos los datos y los resultados parciales y finales.

En la cuarta parte da las explicaciones analíticas de la teoría del movimiento de la Luna alrededor de su centro de gravedad; también estudia el movimiento del ecuador lunar, llegando a la misma conclusión que Cassini de que los ejes de rotación y revolución de la Luna están en el mismo plano con el eje de la eclíptica. La última parte de la memoria se refiere a las conclusiones que resultan de las observaciones hechas, dando las fórmulas que deben aplicarse, las ecuaciones que deben resolverse y el cálculo de las incógnitas.

*XV. Cálculo de las órbitas de los astros nuevos, planetas y cometas. Aplicación al cometa-a de 1901.*—(48 páginas en la publicación anterior).

No obstante que en este trabajo no se hace referencia al nombre del autor, la forma y el fondo son muy característicos del señor Obrecht. Además, la publicación se hace en un Anuario bajo su dirección.

Se comienza por hacer un estudio general de la teoría en que se basa la determinación de la órbita de un astro nuevo —planeta o cometa—, dándose una aplicación especial al cometa nuevo 1901 a. Una vez determinada la órbita de ese cometa, en base de 10 observaciones hechas entre las fechas 8 y 15 de mayo de 1901, cinco de las cuales fueron hechas personalmente por el señor Obrecht, en Santiago, —las otras se hicieron en Windsor, el Cabo y Monte Hamilton—, se confeccionó una efemérides basada en los elementos obtenidos en Santiago; interpoladas las coordenadas, de dicha efemérides, para las épocas de las 10 observaciones, se compararon con las coordenadas observadas, habiéndose obtenido residuos (O-C) muy pequeños, el mayor de los cuales es del orden de los 7".

*XVI. Coordenadas geográficas de algunos puntos del límite entre los departamentos de Pisagua y Arica.*—(30 páginas de la publicación anterior).

En esta Memoria el señor Obrecht se refiere en detalle a la determinación que él mismo hiciera, de las coordenadas geográficas de Hacienda Camarones, Huanacarani, Esquiña, Arepunta, Chilcaya y Arica, que son puntos del límite entre los

departamentos de Pisagua y Arica. Comienza por hacer la relación del viaje, que duró un mes, con sus diferentes etapas, y de los instrumentos que fué necesario llevar para estos trabajos.

El método que eligió para la determinación de las coordenadas geográficas fué el de la medida de las alturas del Sol sobre el horizonte, observando al astro en las proximidades de su culminación, explicando que las alturas deben corregirse por aberración y paralaje. A continuación, establece las 3 ecuaciones de transformación de coordenadas, indica las posiciones que debe tener el anteojo del teodolito y explica el modo de hacer las observaciones y el método para reducir las.

Termina su Memoria dando los resultados obtenidos para las 6 localidades y haciendo una discusión de ellos, de la marcha de los cronómetros y de su corrección. Respecto de este último punto, dice que sólo uno de ellos —el Dent de bolsillo, perteneciente a la Comisión de Límites— conservó una marcha uniforme.

*XVII. Pares de estrellas.—Determinación de la hora y de la latitud geográfica de un lugar por la observación de los momentos en que las alturas de algunos estrellas son iguales.—(293 páginas en un folleto impreso en 1907).*

El método indicado en este trabajo del señor Obrecht, para la determinación de la hora y de la latitud, tienen grandes ventajas, ya que con un simple teodolito, armado sobre un trípode de madera, se obtiene una precisión comparable a la de los anteojos meridianos de grandes dimensiones. Además, cada par de estrellas da un valor de la corrección del cronómetro independiente de los valores obtenidos con los otros pares e independiente de los errores instrumentales y de la refracción atmosférica. Finalmente, la observación de cada par demora sólo algunos minutos.

Antes de este trabajo, el inconveniente del método era la predicción de la observación; pero con las tablas confeccionadas por el señor Obrecht y publicadas en este folleto, se tiene, de grado en grado de latitud austral, desde  $0^\circ$  hasta  $60^\circ$ , los elementos de 130 pares de estrellas repartidas, más o menos uniformemente, en las 24 horas del día sideral. También se incluye en este trabajo un método para determinar la latitud geográfica por la observación de 3 estrellas: 2 de declinaciones aproximadamente iguales y próximas al ecuador, y la tercera de declinación diferente.

*XVIII. Compensation d'un rescau geodesique en forme de chaine fermee. (Compensación de una red geodésica en forma de cadena cerrada). Aplicación a la red central de la Carta Militar de Chile.—(30 págs. publicadas en francés en un folleto del Estado Mayor de Chile, 1908).*

Este trabajo, cuya aplicación a la red central de la carta militar la hizo el señor Obrecht en colaboración con el señor Monardes, comienza por dar una indicación general del método de triangulación, formando un polígono o cadena cerrada de triángulos contiguos, basado en el sistema de Gauss de representación conforme, en el que se conservan los ángulos. Establece, a continuación, las ecuaciones de condición que deben cumplirse e indica el método que debe seguirse para su resolución. En seguida discute el grado de precisión en las medidas y da término a la teoría con el cálculo, por aproximaciones sucesivas, de las coordenadas de los vértices de la cadena.

Por último, se pasa a la aplicación práctica, que es la confección de la red central de la Carta Militar de Chile, dando el cálculo de los coeficientes, dibujos aclaratorios y datos sobre el caso particular de que se trata.

*XIX. Trabajos geodésicos de la Carta Militar de Chile.*—(77 páginas en un folleto impreso por el Estado Mayor Militar, 1909).

Esta Memoria, que el señor Obrecht presentó como Consultor Técnico Civil del E. M. G., contiene los resultados de los cálculos de los ángulos horizontales de la triangulación de primer orden en la Red Central, con una previa explicación de las fórmulas aplicadas. En ella se encuentran las coordenadas geográficas, azimutes, distancias al Observatorio y las coordenadas rectangulares de 23 Estaciones de la Red Central que, en total, incluyen  $1^{\circ}20'$  de latitud y  $1^{\circ}10'$  de longitud. Para las coordenadas rectangulares, el eje de las abscisas es el meridiano de la pirámide geodésica del Observatorio —Quinta Normal—, dirigido de norte a sur, y el de las ordenadas es la perpendicular al eje anterior, dirigida de este a oeste.

*XX. Posición geográfica de una pirámide geodésica en San Rafael.*—(18 páginas publicadas en folleto en 1910).

En este Informe presentado por el señor Obrecht al E. M. G. del Ejército, como Consultor Civil Técnico, explica la determinación astronómica de las coordenadas geográficas de la pirámide geodésica de San Rafael, de latitud  $= -35^{\circ}18'22''$ , a unos 20 Km. al norte de Talca, y de sus coordenadas rectangulares en la Red Central. Comienza por una primera determinación aproximada por observaciones de las alturas del Sol; en seguida, observa las elongaciones máximas de Beta de Centauro y de Alfa de Navío —Canopus— y, por último, las culminaciones, en el meridiano de la pirámide, de Alfa de Navío, Alfa de Can Mayor —Sirio— y de algunos pares de estrellas. Para la determinación de la longitud geográfica de San Rafael, hizo cambio de señales horarias con la Sala Meridiana del Observatorio de Santiago —Quinta Normal— encontrando el valor de  $3^{\text{m}}18^{\text{s}}.53$  al oeste de Santiago.

*XXI. Cálculos geodésicos.*—(35 páginas en folleto impreso en 1911 y en Anales de la Universidad de Chile).

Es un breve, aunque muy completo, tratado de Geodesia. En él trata, principalmente, los siguientes temas:

- a) Forma y dimensiones del geoide, al que considera, aproximadamente, un elipsoide de revolución;
- b) Radio ecuatorial y achatamiento, partiendo de los valores dados por Bessel, que son algo diferentes de los de Hayford —1909—, adoptados hasta hoy;
- c) Curvatura de las líneas geodésicas del elipsoide;
- d) Substitución de una geodésica por un arco de circunferencia;
- e) Resolución de triángulos geodésicos;
- f) Aplicación del teorema de Legendre a la resolución del triángulo geodésico;
- g) Latitud reducida de un lugar, que es el ángulo cuya tangente es igual al

producto de la tangente de la latitud geocéntrica del lugar por la razón entre los radios ecuatorial y polar;

h) Distancia entre dos puntos, en línea recta y sobre el geoide;

i) Azimutes de los extremos de un arco;

j) Coordenadas geográficas de un punto referidas a las de otro punto conocido; y

k) Tres tablas numéricas, una para funciones de ángulos pequeños, otra para excesos esféricos y la última para azimutes del arco de 2 puntos.

*XXII. Teoría de las mareas.*—(Conferencia publicada en 12 páginas de los Anales de Instituto de Ingenieros de Chile, N.º 11, de noviembre de 1912).

Dice el señor Obrecht que el fenómeno de las mareas es una consecuencia de la gravitación universal, fenómeno cuyo estudio descompone en dos problemas: variación periódica de la gravedad en los diversos puntos de la Tierra y movimientos de las aguas del mar; respecto de este último, dice que su solución no está a nuestro alcance.

Se refiere a once fases sucesivas del primer problema: Peso de un punto material debiendo tomarse en cuenta la masa y el peso del punto, la atracción ejercida por la Tierra y la resultante de las atracciones de los demás cuerpos celestes sobre el punto en cuestión. Aceleración de las atracciones de los astros sobre el punto y aceleración del centro de gravedad de la Tierra. Oscilación de las superficies de nivel de la pesantez. Altura de un punto cualquiera de pesantez variable en un instante dado. Oscilaciones de diversas especies, llamando de primera especie a las producidas por el Sol y la Luna —de períodos de un año y un mes, respectivamente—, de segunda u oscilaciones diurnas a las de un período aproximado de un día, y de tercera especie o semidiurnas a las de período aproximado de 12 horas. Aplicaciones a las oscilaciones del mar. Instante de las altas mareas y establecimiento de puerto, entendiéndose por tal al atraso de las fases de las oscilaciones, debidas a la Luna. Mareas de sicigias —o extraordinarias—, de amplitud máxima, que son debidas a las conjunciones y oposiciones geocéntricas de la Luna con el Sol. Mareas muertas, de amplitud mínima, debidas a cuadraturas. Determinación práctica de las constantes de la ecuación de la marea. Y, por último, cálculo práctico del ángulo que describe el círculo horario de la Luna en cierto tiempo y de la amplitud de la marea.

Algunas de las conclusiones que se deducen de este interesante y exhaustivo trabajo, son: I. El efecto que produce un astro sobre la pesantez es directamente proporcional a su masa e inversamente proporcional al cubo de la distancia a que se encuentra; y II. La intensidad de las mareas producidas por los astros, tomando como unidad a la acción lunar, son: Sol: 0,45; Venus: 0,000049; Júpiter: 0,000006; Marte: 0,000001; los demás, en total, no alcanzan a 0,000001. Como se ve, la influencia lunar es superior al doble de todas las demás acciones de los astros del sistema solar en conjunto.

*XXIII. Teoría de la representación conforme de los puntos de la tierra sobre un plano.*—(27 páginas en folleto impreso en 1914).

Comienza por definir la «representación conforme» como un sistema en que los ángulos formados por las direcciones sobre la superficie terrestre están represen-

tados exactamente en el mapa. Da, a continuación, el desarrollo de las fórmulas generales que son comunes para todos los sistemas de representación conforme, como lo son el de Mercator y el de Gauss, a los cuales se refiere más adelante en forma especial. Deduce que cualquiera que sea el sistema empleado, una circunferencia infinitamente pequeña descrita alrededor de un punto cualquiera de la superficie terrestre, está representada en el mapa por una elipse cuyo centro corresponde al punto tomado sobre la superficie terrestre. Después de obtener las expresiones generales de las coordenadas en los mapas de representación conforme, desarrolla las fórmulas que definen las deformaciones del mapa, y se refiere a las representaciones de las líneas geodésicas.

Pasa, en seguida, a tratar la solución de dos problemas fundamentales: Determinación de las coordenadas rectangulares de un punto del mapa, conociendo las de otro punto del mapa y la distancia geodésica entre ambos puntos; y determinación de la distancia geodésica entre dos puntos del mapa, cuyas coordenadas rectangulares son conocidas. Termina su trabajo con un resumen de las fórmulas para el cálculo de las coordenadas rectangulares y de las orientaciones, y con una tabla para facilitar dichos cálculos.

*XXIV. Nueva teoría de la figura de los cuerpos celestes.*—(Folleto publicado en 1914, con 21 páginas sobre el tema).

Comienza por decir que la teoría usual de la figura de los cuerpos celestes — se refiere sólo a los planetas— supone que la forma de éstos es la que toma una masa líquida, cuyos puntos se atraen según las leyes de la gravitación, masa que gira uniformemente alrededor de un eje de dirección constante. Como el problema así definido es uno de los más difíciles de la Mecánica Celeste, no habiendo sido posible resolverlo de una manera general, dice que la observación ha sugerido una solución particular: admitiendo que la Tierra y los planetas tienen una forma análoga a la del elipsoide de revolución achatado, se calcula la atracción en función de las tres dimensiones del elipsoide. De acuerdo con la teoría anterior, resulta que los achatamientos calculados tienen valores tan discordantes con respecto a los observados que hacen suponer variaciones de las densidades.

Para obviar esta discrepancia, el señor Obrecht admite la teoría de la corteza sólida que supone que una corteza, infinitamente delgada en comparación con las dimensiones del cuerpo, reemplaza a una porción equivalente de líquido, pudiendo conservar la forma de éste si ella es rigurosamente rígida; en esta forma, el espesor y la densidad son constantes. Después de hacer el planteamiento correspondiente y las deducciones matemáticas del caso, llega a una fórmula aproximada para el cálculo del achatamiento, obteniendo, mediante ella, valores numéricos más próximos, en general, a los observados que los obtenidos anteriormente, como puede verse en el cuadro siguiente:

	<u>Teoría usual</u>	<u>De la corteza sólida</u>	<u>Observaciones</u>
Tierra.....	0.0043	0.0034	0.0043
Marte.....	0.0057	0.0047	0.0053
Júpiter.....	0.1064	0.0787	0.0667
Saturno.....	0.1961	0.1351	0.1042



XXV. *Nuevas tablas náuticas.*—(Folleto del Observatorio Nacional, 1918, 123 páginas).

Estas Tablas, confeccionadas para uso de la Armada Nacional, permiten obtener sin cálculo logarítmico la altura y el azimut de un astro, si se conocen su declinación y el ángulo horario en el instante de la observación. Después de deducir las fórmulas correspondientes de transformación de coordenadas y de explicar la teoría en que se basan las Tablas, da varios ejemplos de cálculos que ilustran la manera de usarlas.

XXVI. *Anuarios publicados bajo su primera dirección.*—(1889-1908).

Se publicaron 8 Anuarios correspondientes a los años 1898, 1899, 1900, 1903, 1904, 1905, 1906, y 1907, que no sólo incluían los datos de orden astronómico, comunes para este tipo de publicaciones, sino que, además, traían datos sobre meteorología, magnetismo y temblores, y trabajos teóricos y técnicos sobre Astronomía y Geodesia.

XXVII. *Anuarios publicados bajo la segunda dirección.*—(1913-1923).

Se publicaron también 8 Anuarios correspondientes a los años 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1920 y 1921. En ellos se incluían, además del material que figuraba en los anteriores, otros datos sobre constantes físicas y matemáticas.

XXVIII. *Coordenadas geográficas determinadas por Obrecht.*—El señor Obrecht determinó, personalmente, las coordenadas geográficas de 36 puntos de la República de Chile que, ordenados de norte a sur, son los siguientes:

Arica	Of. Santa Luisa	Chillán
Chilcaya	Of. Ballena	San Vicente
Arepunta	Taltal	Concepción
Esquiña	Caldera	Lota
Hda. Camarones	Copiapó	Los Angeles
Iquique	Vallenar	Valdivia
Sierra Gorda	La Serena	Hueihue
Kilómetro 156	Coquimbo	Apiao
Antofagasta	Ovalle	(1) Vilcún
Aguas Blancas	Curicó	(1) Chomio
Of. Pepita	San Rafael	(1) Corcovado
Of. Lautaro	Talca	Melinca

(1) Las coordenadas de este punto fueron determinadas por triangulaciones geodésicas.