

LA CREACIÓN DEL SISTEMA MÉTRICO DECIMAL. **EL MERIDIANO DE PARÍS Y EL MONTGÓ.**

Juan José Ortuño Aroca
(presidente de la Asociación Astronómica Marina Alta)

RESUMEN: Durante la Revolución francesa (1789), nuestro país vecino se propuso implantar un sistema métrico decimal. Para ello, sabios y científicos trabajaron para establecer los patrones necesarios. El meridiano geográfico que cruzaba París pretendía ser la línea 0° y origen del planeta. Sobre esta, la Comisión Geográfica, se encargó de trazar y medir triangulaciones desde Dunkerque hasta las regiones valenciana y balear. Por ello, entre 1806 y 1808, en las cumbres del Montgó, se establecieron científicos franceses y comisarios españoles para realizar los trabajos geográficos necesarios. En este artículo se recopila la historia de tales hechos, los protagonistas, el trabajo, y los instrumentos y métodos empleados. Además, se expone una demostración geográfica del emplazamiento, y unas teorías personales (ampliación y modificación de los estudios cartográficos y trabajos de campo publicados en 2017), sobre el acceso y construcción de la Casetas de Biot y de Méchain, ambas existentes sobre nuestra estratégica montaña.

PALABRAS CLAVE: Arago, Biot, Denia, Méchain, meridiano cero, Montgó, observatorio geodésico, sistema métrico decimal.

ANTECEDENTES.

A lo largo de la historia, en la medida que el ser humano ampliaba los descubrimientos sobre el mundo que le rodeaba, en cada época se utilizaron diferentes meridianos de origen para la cartografía y la navegación:

- En el siglo II d.C., Ptolomeo situó el primer meridiano en el océano Atlántico, en el extremo oeste de la isla del Hierro, en las islas Canarias.
- Los árabes, durante la época de expansión musulmana, situaron como meridiano origen, la isla de Rodas (Grecia), después el estrecho de Gibraltar y por último Bagdad (Irak).
- Durante el siglo XIII, Alfonso X el Sabio utilizó como meridiano, el de Toledo.
- En el siglo XVI, Mercator introdujo el meridiano de las Azores.
- A partir de 1634, los franceses siguieron utilizando el meridiano de la isla de Hierro, 20° al oeste de París.
- Y los británicos, con la fundación en 1675 del Real Observatorio de Greenwich, el que pasaba por este edificio.
- Por nuestra parte, en España, a partir de 1753, la línea de referencia fue el meridiano de Cádiz, allí donde se había establecido el Observatorio Real de la Marina. Por cierto, este observatorio debe sus orígenes al marino y científico alicantino y natural de Monforte del Cid, Jorge Juan y Santacilia (1713-1773).



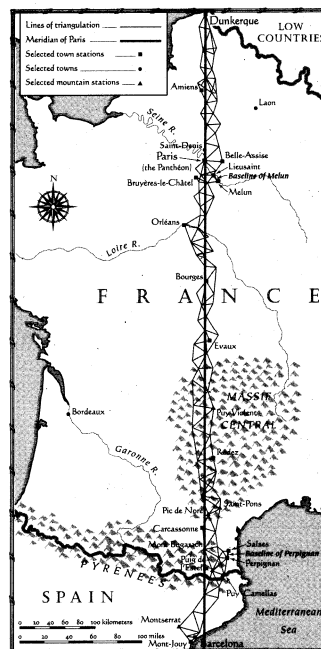
Meridianos de referencia: Cádiz, Greenwich y París.

EL SISTEMA MÉTRICO DECIMAL. MEDIR EL MERIDIANO.

En 1791, la Comisión Métrica (creada en Francia dos años antes), propone crear el Sistema Métrico Decimal, un sistema de medidas a partir del cual nacería el metro como unidad de longitud.

El valor de este tenía que determinarse a partir de un patrón natural, así pues, la comisión encargada decidió que el metro sería la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre. Por supuesto, el que cruzaba la ciudad de París.

Ante la imposibilidad de medir todo el cuarto del meridiano terrestre, se propuso medir dos arcos de igual longitud al norte y sur del paralelo 45°.



Mapa de triangulaciones sobre el Meridiano, Dunkerque-París-Rodéz-Barcelona.

Desde entonces, París y Greenwich rivalizaron por el meridiano origen del mundo, hasta que, en una conferencia internacional celebrada en Washington, en 1884, Greenwich fue adoptado como referencia definitiva en la geografía de nuestro planeta.

1. LAS EXPEDICIONES GEOGRÁFICAS.

Para poder medir un arco de meridiano sobre la superficie terrestre, en territorios de Francia y España (incluyendo las Islas Baleares), se desarrollaron unas expediciones de gran envergadura que exigieron una adecuada organización y multitud de trámites burocráticos. Así como abundante material y equipos científicos, el trabajo de numerosas personas y la inestimable ayuda de las poblaciones por donde pasaban, facilitando las comunicaciones por correo, el transporte y avituallamiento necesarios.

Las inestables relaciones entre los gobiernos de España y Francia, y la muerte del Pierre Méchain, hicieron necesarias realizar tres expediciones científicas para finalizar los estudios.

1.1 - 1ª EXPEDICIÓN (1792-1798): DUNKERQUE-BARCELONA.

La institución científica francesa "Bureau des Longitudes" designó, para la medición del Meridiano de París, a Jean B. J. Delambre y a Pierre F. A. Méchain. El primero se ocuparía de la triangulación sobre el arco norte del meridiano, entre Dunkerque y Rodez. Méchain, por su parte, efectuaría la medición hacia el sur, entre Rodez y Barcelona.



Comisión de académicos franceses del Sistema Métrico Decimal (1789).

Los trabajos iniciados en territorio francés, y a pesar de las dificultades con el gobierno español de la época, pudieron continuar en nuestro país con la colaboración de tres comisarios españoles:

José Chaix Isniet (Játiva, 1765 - Valencia, 1809), José Rodríguez González (Lalín, 1770 - Santiago de Compostela, 1824), ambos matemáticos y astrónomos, y Juan López Peñalver (Málaga, 1763 - Madrid, 1835), científico.

A su llegada a Castellón, la expedición se incorporó a un gabinete local, liderado por Fausto Vallés y Vega (Castellón de La Plana, 1762 - Valencia, 1827), astrónomo y encargado de colaborar en la determinación del meridiano 0° de la Tierra, a partir del cual nacería al metro.

Posteriormente se consideraría mejorar los trabajos extendiéndose más al sur, hasta las regiones levantina y balear.

Pierre François André Méchain fue un astrónomo y geógrafo francés (Laon, 1744 - Castellón de La Plana, 1804).

En astronomía, se le conoce por haber descubierto 8 cometas y 26 objetos del cielo profundo, y en el ámbito geográfico por haber tomado parte en numerosas expediciones, cuya mayor contribución ha sido la medición del metro junto con Jean Baptiste Joseph Delambre.

En 1787 Méchain colaboró con Jean Dominique Cassini y Adrien Marie Legendre, en la medida precisa de la separación entre las longitudes de París y Greenwich.

En relación con este trabajo, Méchain y Cassini acompañados por Legendre visitaron en diversas ocasiones, de ese mismo año, a William Herschel en su observatorio astronómico en Slough (Inglaterra).

1.2 - 2ª EXPEDICIÓN (1803-1804): CATALUÑA Y VALENCIA.

En esta ocasión, aprovechando unas mejores relaciones entre la corona española y la de Francia, Méchain pudo viajar por las regiones de Cataluña, Valencia y las Islas Baleares. Su intención era recorrer las zonas de Valencia, Alicante, Murcia y Almería, para proseguir con su estudio del meridiano de París. Su hijo Augustin Méchain viajaba con él. Recorriendo nuestras latitudes y visitando los posibles emplazamientos para sus trabajos, durante su estancia en Dénia, subió a la cumbre del Montgó, y allí, el 23 de abril de 1804, realizó la medición de su altura. Le acompañaba Jean Morand (1749-1820), cónsul de Francia en Denia ⁽¹⁾.

Según consta en la inscripción sobre una lápida de piedra, facilitada por los descendientes de la familia Morand, la altura estimada del Montgó fue de 390 toesas x 1,946 m = 758,94 m (760,11 m según la antigua toesa de cobre de París, de 1,949 m).

• Méchain en el Montgó (1804)

Para determinar la altitud de una montaña, los métodos que se utilizaban en aquellas épocas eran, principalmente, anotar datos trigonométricos de las distancias recíprocas al cenit, de la depresión del horizonte y la altura relativa a otros vértices conocidos.

También se podía medir la altitud de un determinado lugar de otro modo más simple, anotando los valores que nos indica un barómetro de mercurio.

Para calibrar este instrumento se requiere utilizar como base de referencia el nivel del mar, pero hay que tener en cuenta que se necesita un buen tiempo y estable, pues los datos obtenidos estarán condicionados a las variaciones de presión provocadas por los cambios meteorológicos.

Cuando Méchain subió a la cima del Montgó para evaluar la visibilidad existente desde allí y medir su altura, podemos suponer que, como científico, debió realizar diversas mediciones para luego obtener un valor medio. Y, en consecuencia, pudo utilizar alguna construcción para establecerse allí durante unos pocos días.

La foto siguiente, comprende la zona de la cumbre del Montgó (mojón de término "MT.17" según Catastro de Denia-1952 y cota= 752 m), y allí podemos ver tres construcciones. Estas son de elaboración rudimentaria, simplemente apilando piedras recogidas del entorno en muros bajos (mampostería de piedra en seco).



Construcciones, línea de T. M. y vértice geodésico.
(Dibujo sobre imagen de Google Maps. J. J. Ortuño-2016).

A modo de sencilla descripción, si tomamos la cumbre como referencia, al norte del vértice geodésico, y en Término Municipal de Denia hay un recinto rectangular abierto, de

piedra, de unos 8x5 m.

Al noroeste (sobre la línea de T. M.), otro parapeto simple, pero de forma semicircular, también abierto, de unos 5 m.

Y al oeste del vértice (Término Municipal de Jávea), un conjunto formado por cuatro (o cinco) espacios contiguos y bastante deteriorados, con unas dimensiones aproximadas de 22x9 m.

Estas tres construcciones están levantadas adaptándose a la pendiente del terreno, y orientadas las dos primeras al noreste y la tercera al suroeste.

Teniendo en cuenta las edificaciones allí existentes, para los trabajos de Méchain, podríamos suponer que fue utilizada la construcción al norte de la cumbre, amplia, y con visibilidad hacia la población de Denia.

Lo que no podemos confirmar es si tal obra fue levantada para las mediciones de Méchain, o si tan solo se aprovechó algún recinto para el ganado, ya existente.

Se conoce la actividad del pastoreo en nuestro Montgó, aproximadamente, hasta mediados del siglo XX. Prueba de ello son los diversos refugios y corrales para cobijo de rebaños de cabras y ovejas, que los pastores subían a la montaña para alimentarse.

Tras su estancia en Denia, algunos meses después, Méchain, se hallaba trabajando en las montañas del Desierto de las Palmas, cuando debido a las fiebres palúdicas que azotaban la región en aquella época, enfermó.

Le bajaron a Castellón el 12 de septiembre de 1804, y el día 20 falleció repentinamente. Fue enterrado en el Cementerio del Calvario, actualmente el Parque Ribalta de esta ciudad española.

1.3 - 3ª EXPEDICIÓN (1806-1808): CATALUÑA, VALENCIA E ISLAS BALEARES.

Jean Baptiste Biot fue un físico, astrónomo y matemático francés (París, 1774 - París, 1862).

El 2 de mayo de 1806 el "Bureau des Longitudes", encargaron a Biot y al joven rosellonés François Jean Dominique Arago (Estagel, 1786 - París, 1853), la reanudación de los trabajos de medición del Meridiano de París.

Biot y Arago fueron nombrados para continuar las expediciones geográficas en España cuyo proyecto había sido abandonado en 1804 debido a la muerte de Pierre Méchain cuando solamente se habían terminado cinco triangulaciones del total de diecisiete que había desde Barcelona hasta Mallorca.

Posteriormente también formarían parte de una serie de expediciones geofísicas y astronómicas en España y Escocia.

Ambos se trasladan a España llevando instrumentos y material para la continuación de la expedición geográfica.

Para acompañarlos en su viaje por nuestro país, fueron asignados dos comisarios españoles José Chaix y José Rodríguez.



Vértices en Cataluña-Levante-Baleares.

Entre los dos geógrafos, se prolongó la medición del meridiano de París desde Barcelona hacia las Islas Baleares y comprobaron que el valor del metro deducido del nuevo arco apenas variaba en dos milésimas de milímetro de lo previamente calculado.

Los trabajos de Méchain, Biot y Arago, establecieron una cadena de triangulaciones en nuestras montañas, y la utilización de unos vértices geodésicos para una red aún vigente hoy en día.

El proyecto completo de la prolongación del meridiano hacia el sur, hasta las costas de Argelia, tardaría tres cuartos de siglo más en acabarse, debido a las confrontaciones entre España y Francia.

- **1806:**

- A finales de septiembre Biot, acompañado por Rodríguez, obtienen los permisos necesarios en Barcelona para recorrer el territorio español.

- A principios de octubre, Biot y Arago recogieron los instrumentos que el hijo de Méchain, había dejado en Tarragona.

Días después, Arago, Biot, Rodríguez y Chaix instalan una estación y reverberos en Cullera, y esta queda a cargo de Chaix, el cual se ha reunido con ellos en València.

Luego, Arago viaja al Desierto de les Palmes (Castellón), para instalar otra estación y reverberos. Arago se queda allí.

- A finales de octubre, Biot y Rodríguez desde Denia tomarán un barco que los llevará a Eivissa para averiguar que montañas eran visibles desde las islas y asegurar sus mediciones. El "Terrible", les permitirá viajar entre la península y las islas. El oficial al mando es el teniente de navío Manuel de Vacaro.

Desde allí ven que Cullera, seleccionada previamente por Méchain, no era visible desde Ibiza. Pero si el Montgó.

Así, se determinaron como puntos de observación, Camp Vell en Ibiza y luego La Muela en Formentera. Rodríguez se queda a cargo de los reverberos en Camp Vell.

- A mediados de noviembre Biot regresa a Dénia desde las islas, para viajar a Cullera y encontrarse con Arago y Chaix. Estos, le envían al Montgó a preparar la estación y reverberos.

- El 28 de noviembre, la expedición comienza ya, a iluminar desde la estación del Montgó, utilizando 5 reverberos.

- A principios de diciembre, Biot y Arago sitúan los reverberos en la Sierra de Espadán (Castellón). En esa estación se queda una tripulación de marineros perteneciente al "Terrible".

- El día 7 de diciembre, Biot y Arago inician las mediciones de los triángulos desde el Desierto de las Palmas.

- **Emplazamiento y accesos a la estación del Montgó (1806).**

Los dos trabajos geográficos, que acontecieron en el Montgó, tuvieron lugar en diferentes enclaves de la montaña.

Identificada la expedición de Méchain junto a la misma cumbre, la segunda fue a cargo de Biot y Arago. Estos habían escogido nuestra montaña por su visibilidad, situación, altura y cercanía a las Islas Baleares.

Para unos trabajos geodésicos, estos se suelen emplazar en los puntos más elevados, pero no fue así en nuestro caso. En el mes de noviembre de 1806, al ascender al Montgó, comprobaron que esta montaña por su situación geográfica sufre una dura climatología invernal. Y es que la cumbre, debido a su altitud y proximidad al mar, está expuesta a fuertes vientos e inclemencias que harían muy difícil la estancia, mantenimiento y labores de los expedicionarios.

Así pues, no se establecieron en la cima, sino que se escogió otro emplazamiento que, aunque de cota inferior (-42 m), no presentaba problemas para la observación de las otras montañas, pero si estaba algo más resguardada de las adversidades del invierno. La estación que decidieron los franceses se situaría definitivamente, en una zona próxima y al este de la Creueta de Denia.

Podemos obtener la situación de la caseta de Biot, a partir del Diccionario y Atlas de Pascual Madoz ⁽²⁾, donde hay un párrafo en el que se habla de los trabajos geográficos en Denia:

"El conjunto de circunstancias tan á propósito para continuar desde esta cumbre las operaciones emprendidas en Francia para prolongar la meridional de aquella nación, decidieron á los sabios venidos de la misma con este grandioso objeto á principios del siglo, á elegir este monte por uno de los vértices del gran triángulo que por lo menos debía tener 142.000 metros () (sobre 35 leg. francesas) de base, y uno de sus lados 160.000 metros (alrededor de 41 leg.) de long. Así fue visitada esta cima 1º por M. Mechain y después por MM. Biot y Arago, acompañados de los comisarios españoles, los Sres. Chaix y Rodriguez. M. Mechain midió ante todo la altura de este monte, y halló que se eleva 390 toesas, ó sean 2.730 pies sobre el nivel del mar; según así está consignado en una lápida existente en casa de nuestro ilustrado corresponsal el Sr. D. Nicolás Morand, á quien debemos estas curiosas noticias, con otros muchos trabajos geográficos, que dan una idea patente de sus profundos conocimientos en esta ciencia y en otras, y que tan útiles han sido á nuestra obra. Los dignos compañeros de Mechain establecieron sobre esta misma cumbre, al E. y en parage próximo á la indicada cruz, una de sus principales estaciones, y colocaron allí cinco reverberos, porque las operaciones debían hacerse de noche; una tienda y una cabaña de tablas que se armaba y desarmaba con facilidad; mas siendo estos abrigos demasiado endeble para resistir á las terribles ráfagas de los vientos y las tempestades, construyeron junto á la cabaña de madera una casita de piedra seca, cuyas cuatro paredes medio arruinadas se conservan aun con el nombre de casa de Mr. Biot. Establecidos los otros dos vértices de dicho gran triángulo en la montaña de Campovey, isla de Ibiza y en el desierto de las Palmas, obtuvieron el mas feliz éxito. Éntre las muchas observaciones astronómicas y otros cálculos que desde dicho punto acabaron, fue uno la sil. del Mongó, dando por resultado de sus operaciones trigonométricas hallarse á los 38º 48' 23" lat. N., y á los 6º 24' 46" long. E. del meridiano de Cádiz.*

() El metro es igual á 3,5889 pies españoles".*

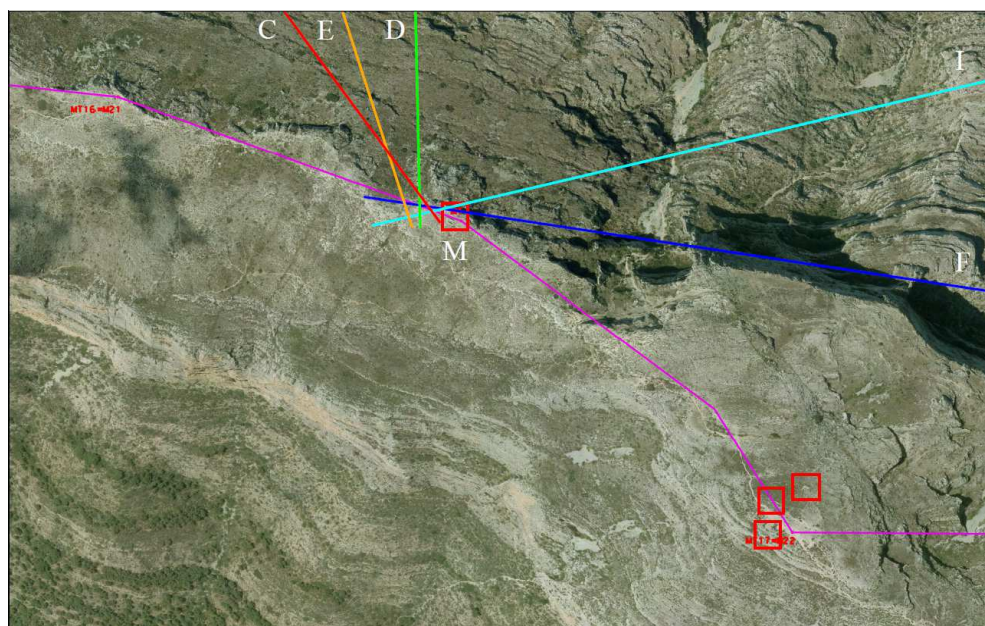
Aquí aparecen anotadas las coordenadas de la estación del Montgó, longitud 6º 24' 46" E y latitud 38º 48' 23" N. Ya que estas tenían como origen el Meridiano de Cádiz, si las

convertimos respecto al Meridiano 0° actual, nos sitúan la caseta de Biot en las proximidades y al oeste del Alto del Emboixar.

Otro simple procedimiento para identificar aproximadamente la estación en el Montgó, es trasladar las tablas de valores de los trabajos de Biot y Arago, a las actuales cartografías, utilizando medios informáticos ⁽³⁾.

Localizados sobre el terreno los hitos referidos de aquella época, situados sobre las ortofotos aéreas modernas, y trazando los ángulos obtenidos en las expediciones geográficas de los triángulos que contienen en uno de sus vértices el Montgó ⁽⁴⁾⁽⁵⁾, resulta que, la representación gráfica obtenida nos lleva de nuevo a las proximidades al oeste de la caseta en el Alto del Emboixar.

Esta aproximación, no coincidente con la caseta, es el resultado lógico de la imprecisión de unos trabajos sencillos sobre plano aerofotogramétrico sin tener en cuenta, entre otros factores, la curvatura terrestre.



Convergencia de las triangulaciones sobre ortofoto.
Los cuadrados indican las construcciones. "M" es la Caseta de Biot.
MT.16 (zona superior-izquierda) es la Creueta de Denia.
MT.17 (zona inferior-derecha) es el vértice geodésico del Montgó.
(Dibujo sobre imagen del PNOA-IGN. J. J. Ortuño-2016).

Así pues, a partir de la información del Atlas de Madoz y con un sencillo replanteo cartográfico actual, podemos asegurar que los sabios franceses se establecieron en esta zona, donde existen los restos de una caseta, y que desde allí desarrollarían sus trabajos de triangulación, descartando su emplazamiento en la cumbre del Montgó.

Pero ¿qué camino siguieron para ascender la montaña? En el atlas de Madoz ⁽⁶⁾, se nombran nueve sendas para subir al Montgó, como las utilizadas en aquellas épocas:

"El principal de estos es el Mongó. Las raíces de este monte empiezan en la c. de Dénia, desde donde se comienza á subir hacia el S. de la misma, por una pendiente muy suave y casi imperceptible hasta 1/2 hora poco mas ó menos: allí se empina ya por cuestas rápidas basta la cumbre, terminada por unos puntos en loma, y por otros en cuestas muy agudas. Para llegar á ellas hay diferentes senderos que es menester trepar á pie por ser sumamente ásperos y muy peligrosos, y circundados en algunas partes de horriblos derrumbaderos. Sin contar el malísimo camino que para franquear este monte va de

Dénia á Javea por cerca de la torre del Agua-dulce, se conocen hasta 9 senderos, á los cuales se les dan en el pais los nombres siguientes, empezando por el mas próximo al cabo de San Antonio y siguiendo hacia el O.: 1.º Frencall del Cabo Gordo; 2.º Escálete; 3.º Belem ó Barranco dels Emboxars; 4.º Single de la Cordeta, por encima de la cueva del agua; 5.º Asegadorets; 6.º Portal; 7.º Portalet; 8.º Punta del Cabo Prim; y 9.º Barranco de la Yedra: los 4 últimos son los menos malos, pero mas largos.”

Y entre ellas, las cuatro citadas en este artículo, Trencall del Cap Gros, Escaletes, Emboixar y Cordeta.

Podemos ver claramente que el Montgó, presenta extensos escarpes rocosos en las vertientes norte y sur, en consecuencia, para acceder a la parte superior, ello nos obliga a utilizar las sendas que están situadas en las zonas al este y al oeste de los acantilados. Un acceso desde el este, por Las Planas de Jávea con la senda del Trencall del Cap Gros del Montgó, quedaría descartado, pues a partir de la cota de 600 m, el recorrido asciende a través de la roca viva, sin senda. Además de la mayor lejanía a la población y puerto de Denia.

Lo mismo se aplicaría a otra senda de esta zona, la de Escaletes (en la vertiente noreste del Cap Gros), que entre sus cotas 450-600 m, tiene un itinerario muy abrupto, como su topónimo bien indica.

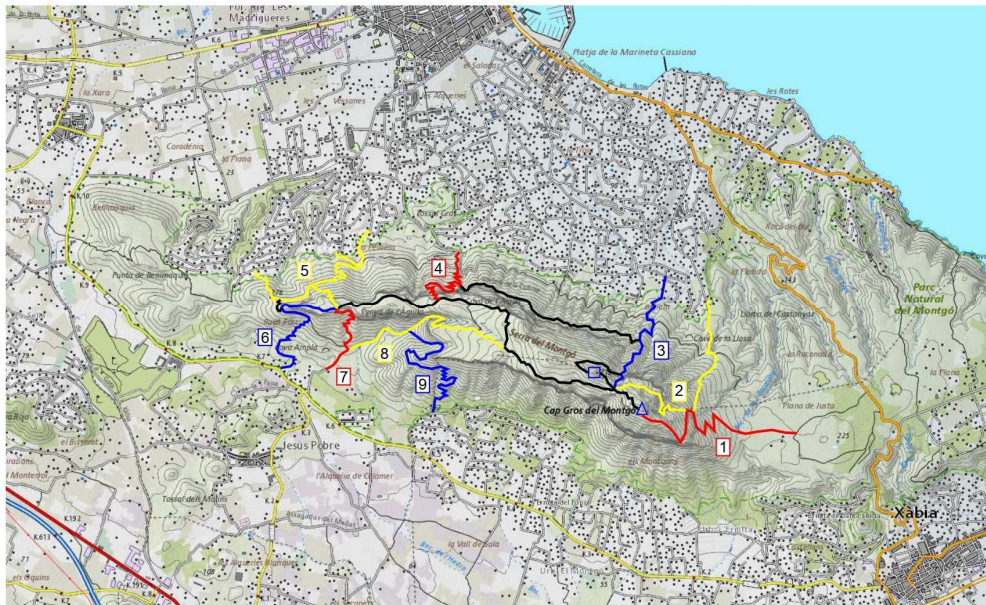
Así pues, desde la población de Denia, por la zona norte del Montgó, las sendas más cercanas a la caseta son, la del Barranco del Emboixar (debajo de la caseta de Biot), y la del Cingle de la Cordeta (al oeste de la Cueva del Agua).

En 1806, el ascenso a la montaña se debió realizar inicialmente, por la senda del Cingle de la Cordeta, acceso hoy todavía utilizado desde la población de Denia. Pero una vez llegados a la zona superior, un grupo de prisioneros forzados tuvieron que trabajar muy duro ⁽⁷⁾ para romper el lapiaz de roca caliza que cubre dicha zona, y poder abrir un camino transitable hasta el emplazamiento escogido ^{(8) (9)}.

Posteriormente, descubrirían otro trayecto más fácil ⁽¹⁰⁾, ascender por la senda del Emboixar. Este nuevo recorrido les permitió llegar a la estación evitando un largo y duro camino sobre el terreno rocoso, característico en la parte superior de nuestra montaña. Además, para llegar a esta senda, podemos utilizar dos vías de aproximación. Desde la Cueva del Agua, por la senda dels Penyasegats, que recorre el pie de los murallones de la vertiente norte (pues la actual Carretera de las Colonias del Montgó, no existía en aquella época). O bien, desde Dénia, utilizar algún camino más hacia el este. Cualquiera de las dos vías serviría para ascender, finalmente, por la senda del Emboixar.

Esta senda se inicia entre los barrancos del Cap gros del Montgó (cauce por donde discurre la actualmente denominada senda de Esgarracabassos), y el del Emboixar. La senda asciende en fuerte pendiente hacia la parte alta de este último barranco.

Ya que esta zona de acceso bajo el Cap Gros, presenta los más fuertes desniveles del Montgó, la senda no discurre por los propios cauces, sino entre ellos y zigzagueando. Llegados a la cabecera del barranco, la senda discurre aproximadamente por el canchal, hacia un pequeño collado superior, así que una alternativa más cómoda sería dirigirse hacia el oeste por una senda bajo la caseta de Biot, para llegar a ella finalmente por las cercanías y al oeste de la caseta.



Plano de las sendas de acceso al Alto del Emboixar y Cap Gros del Montgó.

1. Trecall del Cap Gros; 2. Escaletes; 3. Bco. del Emboixar; 4. Cingle de la Cordeta;
 5. Assegadorets; 6. Portal; 7. Portalets; 8. Heura; 9. La Punta.
- (Dibujo sobre mapa del ICV. J. J. Ortuño-2018).

- **1807:**

- Entre los días 9 al 26 de febrero, la expedición geográfica en Denia, se establece en el Montgó. Desde allí, Biot, Arago y Chaix anotan los ángulos del Desierto, Espadán, Cullera, Ibiza y Formentera.
 - Desde el 15 de marzo al 14 de abril, Biot y Arago trabajaron en la estación geodésica de Camp Vell, al norte de la isla, montada por Biot y por Rodríguez, efectuando las observaciones entre Ibiza y el Desierto de las Palmas, y entre Ibiza y el Montgó. El gran triángulo sobre el mar, el nº. 15, ya está medido.
 - El 19 de abril, Biot y Arago se trasladaron de Ibiza a Formentera y montaron un observatorio en la zona de levante de la isla, en la Plana de la Muela. Los trabajos continuaron hasta el 28 de abril midiendo ángulos con las costas valencianas.
 - A primeros de mayo, Biot vuelve a Denia y viaja a París para avanzar resultados al "Bureau des Longitudes".
 - Durante los siguientes meses de verano y otoño Arago, Chaix y Rodríguez, seguirán trabajando en los triángulos de la región. A finales de septiembre se da por finalizado el triángulo 16.
 - El 25 de noviembre, a la vuelta de Biot a esta región, se embarcan hacia Formentera. Habían decidido ir de nuevo a las islas para determinar latitudes y longitudes del péndulo. Luego irán a Eivissa.
 - Como últimos trabajos en Denia, un grupo de personas estuvieron en el Montgó desde el 28 de noviembre de 1807, hasta el 9 de enero de 1808, con reverberos hacia el Desierto de las Palmas. Desde un principio trabajaban con 5 reverberos, pero a partir del día 7 de diciembre, añadieron 3 luces más. El diario del carpintero del barco "Mystique", registra meticulosamente esta ampliación, con el propósito de mejorar la visibilidad de las luces y perfeccionar las mediciones del gran triángulo ⁽¹¹⁾.
- El "Mystique", fue otro barco utilizado para los desplazamientos entre Denia y las Baleares. Entre otros miembros de su tripulación, el carpintero estuvo en la cumbre del Montgó y a cargo de los trabajos de iluminación. Labores que anotó en un diario.
- En el mes de diciembre, en este mismo emplazamiento medirían arcos del meridiano y altitud de la Polar.

- **1808:**

- En enero, Biot viaja a París para entregar los datos de 11 triángulos más los 5 de Méchain. Mientras, Arago, Chaix y Rodríguez, desde Ibiza y Formentera prolongan las triangulaciones, comenzando a medir el nº. 17.
- El 6 de mayo, Arago se traslada a Mallorca y a finales del mes, ya ha acabado la medición del triángulo 17.
- El 27 de mayo, finalizan los trabajos geográficos de estas expediciones, cuando tiene que abandonar su labor, debido al levantamiento de España contra los franceses, y la acusación contra él, de espía.

En resumen, desde finales de noviembre de 1806 hasta el mes de enero de 1808, la estación del Montgó estuvo ocupada por personas realizando operaciones geodésicas y encendiendo luces por la noche para la medición de los triángulos que contenían en alguno de sus vértices, el Montgó.

2 - LAS ESTACIONES DE OBSERVACIÓN.

Sobre las cumbres desde donde se realizaban las mediciones, en esos vértices, se instalaron unas estaciones de trabajo.

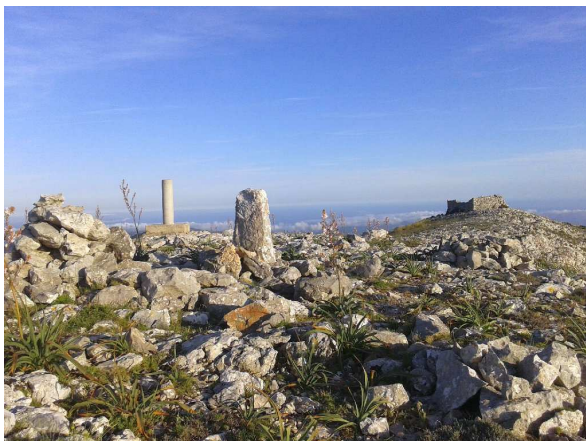
Está documentada la utilización de tiendas de campaña y cabañas de tablas (pintadas de blanco para mejor visibilidad), construidas por Méchain en Barcelona, para los trabajos de triangulación ⁽¹²⁾.

Concretamente, al inicio de la 3ª expedición, Biot recogió en Barcelona, tres tiendas y cabañas que se utilizaron en la medición del gran triángulo Desierto-Montgó-Ibiza.

En algunos de estos lugares, las prolongadas estancias o una climatología adversa, obligaron a levantar pequeñas construcciones más resistentes, que se realizaron con piedra en seco. En nuestras latitudes, las casetas en el Montgó (Denia) y en la Muela del Esclop (Mallorca), son dos ejemplos.

Las estaciones tenían que ser mantenidas mientras durasen los trabajos. Gentes del lugar y marineros se encargaban de trasladar los instrumentos, combustible para las lámparas, leña para las hogueras, agua, comida y todo lo necesario.

Además, había que mantener la comunicación necesaria entre los puntos de observación mediante un correo.



Muela del Esclop. Vértice, hitos y caseta del francés.
(Twitter, Biel de Galatzó).



Vértice de la Sierra de Espadán.
(Web, Eurosenders).

A lo largo de nuestra geografía mediterránea, de aquellos trabajos históricos desarrollados en las cumbres utilizadas como vértices de esos triángulos, hoy solo se pueden encontrar diferentes obras de piedra (o sus restos), como algunas casetas y pequeños montículos de piedras, marcas grabadas en roca o pequeñas piedras labradas enterradas en el suelo. Posteriormente, en algunos de estos lugares, se situarían

mojones de piedra (hitos de término), o algunos de ellos transformados en los actuales vértices geodésicos (Espadán, Cullera, Campvell, etc.).

2.1 - LA CASETA DE BIOT EN EL MONTGÓ.

Decidido el emplazamiento definitivo del lugar de trabajo, marineros y lugareños, participaron en los preparativos, construcción y mantenimiento de la estación para sus operarios e instrumentos.

En noviembre de 1806 comienza su montaje. En el Alto del Emboixar, primeramente, se colocaron una tienda de campaña y una cabaña de tablas ⁽¹³⁾. Pero Biot i Aragó nos cuentan que sobre el Montgó soplaban un viento muy fuerte que destruyó estas instalaciones, y entonces decidieron construir algo con más solidez, una obra de piedra en seco (sin utilizar mortero) ⁽¹⁴⁾.

Las abundantes crestas de caliza del lapiaz fueron muy útiles para levantar una construcción más resistente y adecuada, con muros de 1 m de grosor y entre 1,50 y 1,80 m de altura.

Este refugio (cota= 710 m), se encuentra a unos 430 m al sureste de la Creueta de Denia, ("MT.16" según el Catastro de Denia-1952 y cota= 698 m).

Muy cerca de la caseta de Biot, al norte de esta, hay una pequeña cavidad en el suelo rocoso, la cual permitía mantener una hoguera resguardada del viento, y tal vez incluso recoger agua de lluvia.



Caseta de Biot, hito de la estación y mojón de término
(J. J. Ortuño-2016).

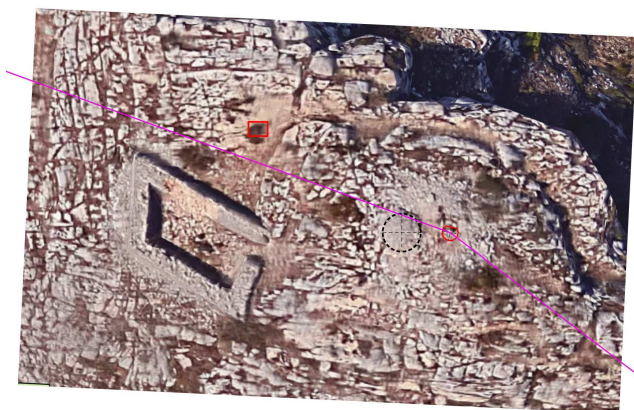


Mojón. Cara norte.
(J. J. Ortuño-2016).

Por otra parte, podemos observar ciertas particularidades constructivas en la edificación de la Caseta de Biot, que pueden demostrar que su creación lo fue por obra de personas con conocimientos científicos ⁽¹⁵⁾. Aunque también cabe la sencilla posibilidad, de una simple adaptación al relieve natural de la roca.

En la siguiente foto y en un esquema posterior a estas líneas, vemos, que la caseta de Biot tiene forma irregular.

Se puede observar que, el muro oeste está alineado con el Norte Geográfico (la estrella Polar).



Construcciones en el Alto del Emboixar.
Caseta de Biot, línea de términos, hito y mojón.
(Dibujo sobre imagen de Google Maps. J. J. Ortuño-2018).

Además, el muro sureste que contiene la entrada a la caseta (orientada hacia el amanecer), forma un ángulo de unos 20° respecto al Norte Geográfico "NG", el indicado por el muro oeste. Si obtenemos la declinación magnética correspondiente al 9 de febrero de 1807, (web y calculadora de campo magnético del NOAA-USA), resulta que era de $20,58^\circ W$.

Por último, los muros noreste y suroeste, sí que son paralelos (lo cual facilita mucho cubrir la obra con un tejado de tablas), y orientados respecto al NG, con un ángulo de entre 115° y 120° . Esta alineación de los muros presentan una dirección hacia la capital de España, donde se halla el Observatorio Astronómico de Madrid (a $298,61^\circ$).

Estos detalles constructivos no son algo único, cabe recordar que podemos observar un caso similar con otra edificación que también presenta unas alineaciones geográficas, en la caseta de la estación de la Muela del Esclop en la isla de Mallorca ⁽¹⁶⁾.

Así pues, la expedición científica creó una construcción indicando el NG, la declinación magnética de la época y el Observatorio de Madrid, hechos que muestran que, además de servir como refugio, la caseta se diseñó para algún fin específico (como observatorio geodésico), o simplemente, con unas alineaciones especiales que se pretendían señalar para la posteridad.

2.2 - LA ESTACIÓN DEL MONTGO (1807-1808)

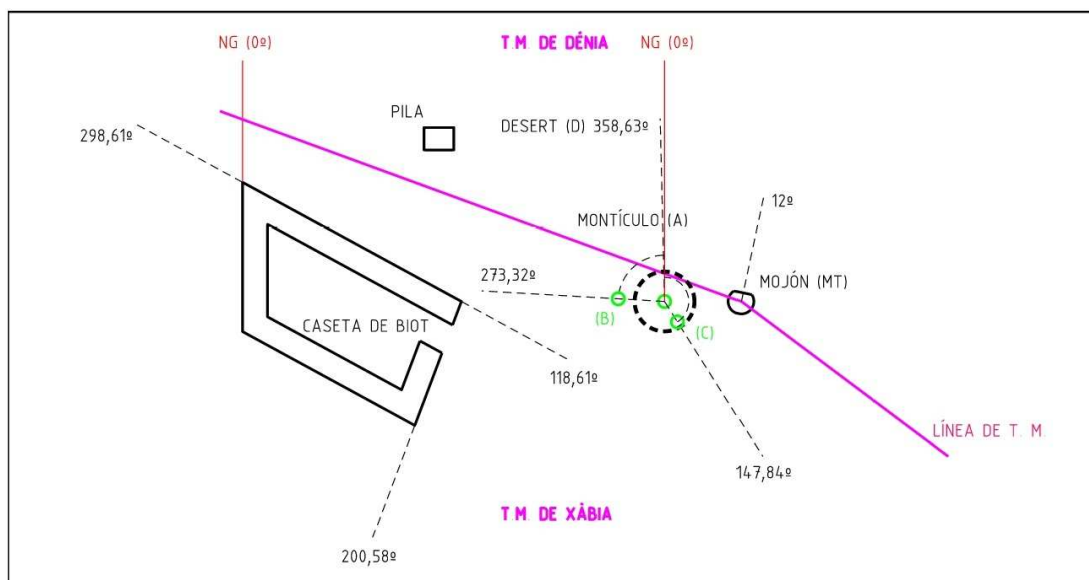
El triángulo nº 15, es el mayor de esta red geodésica, y se sitúa sobre el mar entre los vértices Desierto-Montgó-Ibiza.

Las singulares condiciones por distancia, visibilidad y meteorología requerían asegurar los valores de las mediciones. Así que entre el 28 de noviembre de 1807 y el 9 de enero de 1808, se desarrollaron los últimos trabajos de esta expedición geográfica en nuestra estación del Montgó,

Allí arriba, un grupo de marineros, estuvieron iluminando con reverberos dirigidos hacia el Desert de les Palmes.

En el diario del carpintero del barco "Mystique", podemos leer un pequeño ejemplo de la labor que se realizaba en estas estaciones. En él, se describen la estación y trabajos para, en este caso, poder perfeccionar las mediciones del gran triángulo ⁽¹⁷⁾.

Una vez construida la caseta, a unos metros al este, se instalaron los reverberos e instrumentos de medición.



Esquema de alineaciones y situación de la estación en el Montgó.

Distancias ($AC = 0,97$ m y $AB = 1,86$ m) ⁽¹⁸⁾.

Ángulos ($DAC = 149,21^\circ$ y $DAB = 85,31^\circ$) ⁽¹⁸⁾.

(Dibujo de J. J. Ortuño-2018).

A 8 m al este de la caseta, hay un montículo de piedras con 2,40 m de base, (cota= 713 m, que coincide con el valor indicado en las tablas de Arago) ⁽¹⁹⁾, y 3 m más al este, un mojón de piedra labrada “in situ”, (anotado como mojón de término o “MT” en Catastro de Dénia-1952). Su forma es troncocónica, presenta una cara plana cuya perpendicular difiere unos 12° con el Norte Geográfico, y donde figura una muy deteriorada inscripción “CM” u “OM”.

Dicha inscripción no debe ser relacionada con Méchain o Meridiano, pues la tipología e inscripciones en esta piedra, es la habitual en los mojones que se pueden encontrar señalizando el linde de términos entre Denia y Jávea en la zona Montgó-Las Planas.

Para aquellos trabajos geográficos, estas expediciones francesas señalarían, inicialmente, algunos de los actuales vértices geodésicos de nuestras montañas.

Al principio, las marcas eran montículos de piedra, unos simples amontonamientos de forma cónica. Tiempos después, se colocarían pilones de piedra y mortero, o mojones de piedra labrada y actualmente bloques de cemento, (en algunos puntos aún se conservan todos estos hitos, uno al lado de otro).

Con posterioridad a dichos trabajos, geógrafos españoles, como el General Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero (fundador del Instituto Geográfico Nacional en 1870), consolidaron aquellos y añadieron muchos otros, estableciendo las bases de la red geodésica española.

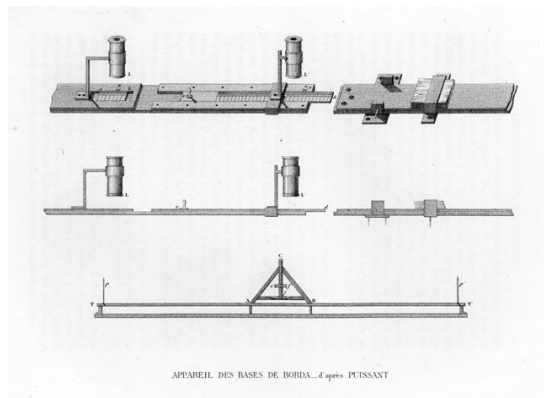
Volviendo a la lectura del diario ⁽²⁰⁾, la primera noche (28-11-1807), se montaron cuatro reverberos en el punto C, pero al día siguiente decidieron añadir uno más. El día 7 de diciembre, se fija como centro de la estación un punto A, (tal vez donde ahora hay un montículo de piedras), instalando aquí cinco reverberos, y los otros tres en el punto B, (ver esquema de alineaciones).

Y a partir, del día 8, la iluminación de la estación es variable con cinco u ocho luces según la climatología, y a veces, se tenían que colocar vidrieras en las lámparas para protegerlas del viento, y poder estabilizar la iluminación mejorando su visibilidad.

3 - LAS MEDICIONES.

El trabajo de los geógrafos consistía en establecer una cadena de triángulos sobre el meridiano a medir, el que cruzaba la ciudad de París.

En primer lugar, se definieron 2 bases sobre el meridiano, Melun en el norte, cerca de París y Perpignan en el sur. En estas extensiones llanas y amplias de terreno, se establecieron las bases midiendo con una regla de platino y cobre de gran precisión, la regla de bases de Borda. En Perpignan se marcaría una base de 12 km.



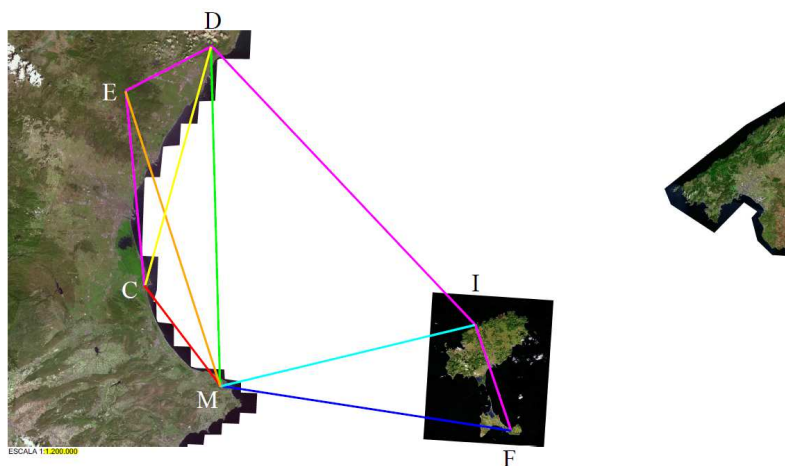
Regla de bases de Borda.

También habría que obtener las latitudes de los extremos del meridiano a medir. Primero Dunkerque y Barcelona, y luego Ibiza y Formentera.

El sistema de triangulación utilizado, para hacer las mediciones geodésicas, requería seleccionar lugares elevados, desde donde se tomarían medidas con los instrumentos adecuados.

En las cumbres escogidas de un triángulo, se distribuían tres secciones de trabajo.

Mientras en dos de ellas, dos grupos de personas se dedicaban a encender una luz todas las noches, aprovechando el estable aire frío del invierno, en el tercer vértice, otro grupo realizaba las mediciones.



Triangulaciones Levante-Baleares.
Desierto-Espadán-Cullera-Montgó-Ibiza-Formentera.
(Dibujo sobre ortofoto del PNOA-IGN. J. J. Ortuño-2016).

En este tercer grupo, los geógrafos franceses y los comisarios españoles anotaban medidas de ángulos, y las condiciones atmosféricas con algunos instrumentos de meteorología, como termómetros, higrómetros y barómetros.

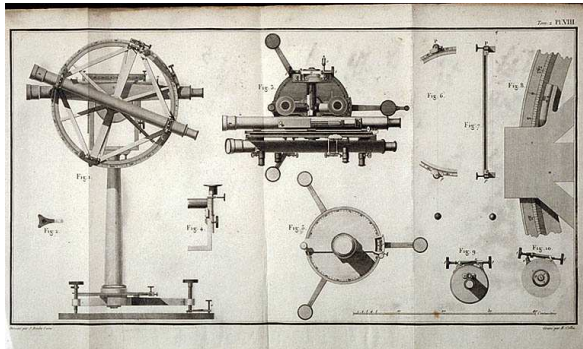
La luz que servía de señalización nocturna provenía de lámparas de aceite.

3.1 - INSTRUMENTOS DE MEDIDA.

Inicialmente, el denominado círculo de reflexión de Borda se utilizaba para medir ángulos (hasta 180°) entre dos cuerpos celestes.

Jean Charles de Borda, con la colaboración de Etienne Lenoir, lo modificó para poder utilizarlo como instrumento en trabajos geodésicos.

Círculo de repetición de Borda



Grabado con esquemas del instrumento.



Círculo horizontal.

El círculo de repetición de Borda estaba graduado en 360° . Constaba de dos miras en dos pequeños telescopios refractores situados uno encima del otro y fijos a dos anillos de latón graduados, que podían girar independientemente entre sí. Este instrumento reducía el error de la medición pues la misma operación se podía repetir varias veces sin mover el aparato.

También se utilizaron anteojos meridianos, brújulas, péndulos astronómicos, sextantes y relojes de péndulo de platino.

Por supuesto, se tenían en cuenta los errores de medición, como, por ejemplo:

- la imprecisión en la graduación de los instrumentos utilizados, su excentricidad, y la dilatación de sus materiales.
- la experiencia del observador
- la refracción atmosférica
- la esfericidad de la Tierra, que implica una depresión del horizonte y un exceso esférico.

En consecuencia, había que tomar numerosas medidas del mismo ángulo y obtener un valor medio final.

Además, había que realizar diversas observaciones astronómicas complementarias, como distancias al cenit, altitud de la estrella polar, determinaciones astronómicas de la latitud y longitud y del tiempo sidéreo, o la orientación del acimut.

Respecto a los instrumentos científicos, conviene recordar, que estaban contruidos con materiales de una calidad inferior a los que se utilizan actualmente, así se entiende que se viesan afectados por el uso y transporte en campo y montaña. En consecuencia, era necesario a veces o periódicamente, su mantenimiento.

Una avería o rotura, exigía una reparación. Tras esta o por el uso habitual y continuado, se necesitaban rectificaciones mecánicas de algunas partes del aparato, y posteriormente la necesaria calibración.

3.2 - LÁMPARAS Y REVERBEROS.

En 1780, Louis Proust inventó una lámpara de aceite con depósito lateral, donde el aceite desciende hacia la mecha por su propio peso.

Aimé Argand, interesado en las lámparas de petróleo, mejoró la lámpara de Proust. En 1782, inventó la lámpara de aceite con depósito lateral, boquilla y doble corriente de aire. Esta tiene una mecha cilíndrica en la que el aire fluye a través y alrededor (por dos

cilindros huecos de metal), aumentado así la intensidad de la luz producida y eliminado el humo.

En 1784, Antoine Quinquet mejora la lámpara de Argand. Introdujo una chimenea de vidrio sobre la boquilla, y montó el depósito y la boquilla en una barra vertical. Por lo tanto, se podía colgar en una pared. El famoso “quinqué”, fue considerado un invento muy relevante de la época, hasta que aparecieron en 1850, las lámparas de queroseno.

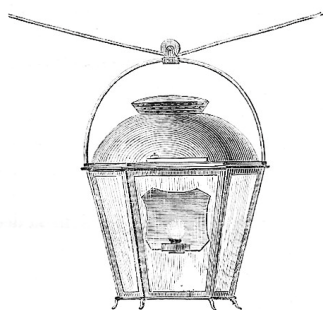
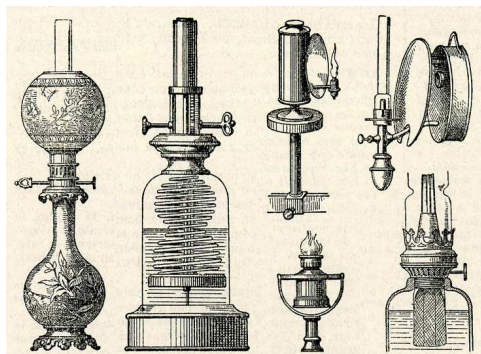
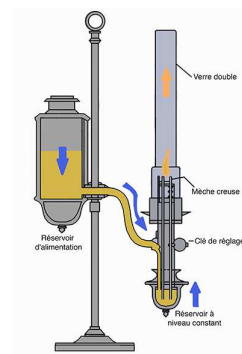


Fig. 7. — Le premier réverbère.
Reverbero (1766).



Lámparas de aceite (1780).



Argand-Quinquet (1784).

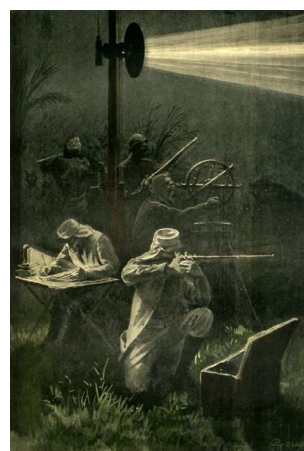
Una lámpara colocada dentro de una caja de vidrio es un farol. En él, se añadieron láminas metálicas reflectoras para dirigir y aumentar la luz hacia la zona a iluminar. Este sistema fue la innovación que le dio el nombre de linternas y farolas, y utilizadas en alumbrado público. Una farola es pues, un reverbero.

Los reverberos utilizados en estos trabajos geodésicos utilizaban una lámpara de aceite con depósito lateral, boquilla, chimenea de vidrio y doble corriente de aire ⁽²¹⁾. Estaban contruidos con tres grandes espejos de metal pulido situados detrás de la lámpara y a 90° entre ellos, los cuales intensificaban y focalizaban su luz ⁽²²⁾.

A partir de la 2ª expedición geográfica, Méchain, introduce el uso de reflectores parabólicos en la iluminación nocturna de las estaciones ⁽²³⁾.

Para evitar el viento, y estabilizar la luminosidad, la lámpara se protegía con unos marcos delanteros con vidrieras ⁽²⁴⁾.

En el diario del carpintero del “Mystique”, se describe el replanteo de los reverberos sobre el Montgó ⁽²⁵⁾, de lo cual podríamos deducir que el sistema de iluminación estaba compuesto por reverberos sujetos y superpuestos en postes.



Ilustraciones originales de la novela de Julio Verne,
con un reverbero y el círculo de Borda.

En 1870, el escritor Julio Verne, escribió la obra “Aventuras de tres rusos y tres ingleses”. La novela es un homenaje a Biot y Arago, y describe una expedición en África austral para medir un arco meridiano y definir internacionalmente, la longitud del metro. Se sabe que Verne utilizó contenidos científicos de los libros “Base del Sistema Métrico Decimal” (1806-1810) de J. Delambre, y “Astronomía popular” (1854), de F. Arago.

4 - CONSIDERACIONES FINALES.

- **Estado actual de la cuestión: nota de la UPV.**

El Instituto Cartográfico Valenciano y la Universitat Politècnica de Valencia suscribieron en marzo de 2018 un acuerdo para impulsar el proyecto de investigación “L'Arc de Meridià”, cuyo objetivo inicial es determinar las coordenadas geográficas del conjunto de estaciones, entre ellas la correspondiente al Montgó, en el actual sistema de referencia ETRS89 y con una exactitud del orden de 1 m.

Para ello, dicho grupo de investigadores emplean las antiguas observaciones geodésicas, junto con métodos de procesamiento riguroso y tecnologías actuales de reconocimiento, incluyendo técnicas GNSS en tiempo real o modelos 3D de imagen mediante drones.

Se espera que las conclusiones de dicho trabajo de investigación estén disponibles antes de que finalice este año 2019, y serán un dato importante a tener en cuenta para confirmar de forma definitiva la situación exacta de la estación de Montgó.

Se espera también, que la estrecha colaboración entre el autor de este artículo y los investigadores de la UPV, facilite a su vez la correcta documentación de unos vestigios que por su importancia histórica y científica deben ser convenientemente conocidos y preservados a nivel local.

Luis Garcia-Asenjo Villamayor

Department of Cartographic Engineering, Geodesy and Photogrammetry

Universidad Politècnica de Valencia (UPV)

- **Conclusiones**

Nuestra emblemática montaña ha sido pues, testigo de muchos hechos del pasado, entre otros, los acontecimientos descritos en este artículo. Desde estas líneas, por nosotros y para las generaciones futuras, deberíamos cuidar el patrimonio histórico y natural.

Las labores del hombre en el pasado, los caminos y las sendas, las casetas y corrales, los mojones, vértices y montículos, los márgenes, los restos históricos.

Las obras de la naturaleza, las cuevas y simas, las plantas, los árboles y los seres vivos.

Nuestro Parque Natural del Montgó, y todo lo que contiene.

Juan José Ortuño Aroca.

Referencias:

- (1) R. Chabàs (1886). "El Archivo". Tomo I, p. 15
(2) y (6) P. Madoz (1845). "Diccionario Geográfico- ...". Vol. I, p.614.
(3) J. J. Ortuño (2017). Revista "Daualdeu" n. 13, p. 41.
(4) y (19) F. Arago (1859). "Oeuvres complètes". Vol. II, p. 83.
(5) Biot et Arago (1821). "Recueil d'observations ...", pp. 181-182.
(7) V. Chorro (2015). Revista "Daualdeu" n. 9, p. 36.
(8) y (10) Biot et Arago (1821). "Recueil d'observations ...", pp. 141.
(9) y (14) Biot et Arago (1821). "Recueil, ...". Introduction, p. XV.
(11), (17), (18), (20), (24) y (25) Biot et Arago (1821). "Recueil d'observations ...", pp. 158-159.
(12) y (13) Biot et Arago (1821). "Recueil, ...". Introduction, p. XIII.
(15) J. J. Ortuño (2017). Revista "Daualdeu" n. 13, p. 42.
(16) G. Juan y J. L. Pol (2006). "El meridià verd a les Illes Balears", p. 538.
(21) y (22) Biot et Arago (1821). "Recueil, ...". Introduction, p. XI.
(23) P. Pedro (2015). Revista "Daualdeu" n. 9, p. 26.

BIBLIOGRAFÍA:

- ALDER, K. (2003). "La medida de todas las cosas. La odisea de siete años y el error oculto que transformaron el mundo". Editorial Taurus. Madrid.
- ARAGO ROIG, F. J. D. (1854). "Oeuvres complètes: Histoire de ma jeunesse", (vol. I). Gide et Baudry, éditeurs. París. Weigel, éditeur. Leipzig.
- ARAGO ROIG, F. J. D. (1859). "Oeuvres complètes: Mémoires scientifiques", (vol. II). Gide et Baudry, éditeurs. París. Weigel, éditeur. Leipzig.
- ARAGO ROIG, F. J. D. (1854-1857). "Astronomie populaire", (quatre tomes). Gide et Baudry, éditeurs. París.
- AUBANELL, A. (2009). "Un paseo por el origen del calendario y del Sistema Métrico". *Conferencia en las XIV Jornadas de Aprendizaje y Enseñanza de las Matemáticas*. Girona.
- BAYART, P. (2008). "La méridienne de France et sa prolongation jusqu'aux Baléares". *Revue XYZ*, n.º 116. París.
- BAYART, P. (2012). "El meridià blau. El meridià de Formentera". Editorial Mediterrània. Eivissa.
- BAYART, P. (2014). "Els triangles del Montsià". *Lo Senienc: memòria, natura i llengua*. *Revista Racó*, n.º 11. Barcelona, pp. 9-13.
- BAYART, P. (2016). "Els triangles del Montsià, 2ª part". *Lo Senienc: memòria, natura i llengua*. *Revista Racó*, n.º 12. Barcelona, pp. 12-17.
- BAUZÀ, J.; STELA, J. (2016). "Una aventura per a la ciència. François Aragó i el triangle 17". *Idees que van canviar el món. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, n.º 22. Mallorca, pp. 147-163.
- BIOT, J. B.; ARAGÓ, F. J. (1821). "Recueil d'observations géodésiques, astronomiques et physiques [...] pour déterminer la variation et la pesanteur et de degrés terrestres sur la prolongement du méridien de Paris", (vol. IV). Huzard et Courcier, imprimeurs. París.
- BIOT, J. B. (1810). "Notices sur les opérations exécutées en Espagne, en France, en Angleterre, et en Écosse, pour mesurer la courbure [...] jusqu'à Unst, la plus boréale des îles Shetland". *Lue à la séance publique de la classe des Sciences de l'Institut*. *Archives de l'Académie des Sciences*. París.
- CHABÀS LLORENS, R. (1886-1887). "El Archivo". *Revista literaria semanal*. Tomo I, revista n.º 2. Imprenta Pedro Botella. Dénia, pp. 9-15.
- DELAMBRE, J. B. J. (1912). "Grandeur et figure de la Terre". *Ouvrage augmenté de notes, de cartes, et publié par les soins de G. Bigourdan*. Gauthier et Villars, imprimeurs. París.

- GISBERT SANTONJA, J. A.; SALORT, J.; MORENO, R. Y ORTOLÀ, M. (2003-2004). "Catàleg integral del patrimoni cultural de la ciutat i terme municipal de Dénia". *Catàleg de béns immobles*, ficha n.º 305. Dénia.
- GOZALBO BELLÉS, D. (1995). "Pierre François Méchain y Castelló de la Plana". *Revista "Muntanya" del CEC*, n.º 797. Barcelona, pp. 27-28.
- IVARS CERVERA, J. (1995). "Els noms de lloc i de persona de Dénia". *Institut d'Estudis Comarcals de la Marina Alta*, Institut de Cultura "Juan Gil-Albert", Ajuntament de Dénia.
- JUAN I SALOM, G.; POL I LLOMPART, J. LL. (2006). "El meridia verd a les Illes Balears". *Actes de la VIII Trobada d'història de la ciència i de la tècnica*. Barcelona (SCHCT), pp. 535-542.
- MADOZ IBÁÑEZ, P. (1845-1850). "Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico. Atlas de España y sus posesiones de Ultramar", (vol. I). Madrid, p.614.
- MÉCHAIN, P. F. A.; DELAMBRE, J. B. J. (1806-1807-1810). "Base du Système Métrique Décimal". *Mesure de l'arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcelone, exécutée en 1792 et années suivantes*, (vol. I-II-III). Baudoin et Courcier, imprimeurs. París.
- OLIVÉ I GUILERA, F. (1994). "El mesurament del meridià i la memoria col·lectiva". *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, n.º 39, (vol. X). Barcelona, pp. 111-120.
- ORTUÑO AROCA, J. J. (2017). "L'emplaçament de l'expedició de Méchain i Biot al Montgó". *Revista Dauldeu*, n.º 13. Xàbia, pp. 40-43.
- QUINTANA I MARTÍ, A. (1995). "Antoni de Martí i Flaquès y la medición del arco del meridiano a su paso por Tarragona". *Revista "Muntanya" del CEC*, n.º 797. Barcelona, pp. 29-33.
- RUIZ MORALES, M. (2005). "Cartas de Carlos Ibáñez de Ibero al francés Aimé Laussedat". *Revista internacional de ciencias de la Tierra, Mapping*, n.º 105. Madrid, pp. 60-70.
- TEN ROS, A. E. (1984). "La obra científica del astrónomo Fausto Vallés y Vega, Barón de la Puebla". *Revista de historia moderna*, n.º 11. Universitat de València, pp. 143-161.
- TEN ROS, A. E. (1996). "Medir el metro. La historia de la prolongación del arco de meridiano Dunkerque-Barcelona, base del Sistema Métrico Decimal". *Cuadernos valencianos de historia de la medicina y de la ciencia, (IL), serie A (monografías). Instituto de estudios documentales e históricos sobre la ciencia*. Universitat de València-C.S.I.C.
- URTEAGA, L.; CAPDEVILA, J. (2013). "Tres hitos en el establecimiento de la red geodésica de Cataluña". *Revista de la Universidad de Oviedo, Ería*, n.º 92, pp. 293-307.
- VALERO I MARTÍ, G. (1995). "El episodio de Francesc Aragó en las Islas". *Revista "Muntanya" del CEC*, n.º 797. Barcelona, pp. 24-26.
- VV.AA. (2002). "Plan de Ordenación de Recursos Naturales del Montgó". *Apendice n.º 1, inventario de bienes*. Conselleria de Medi Ambient, València, fichas: 31, 32, 46, 47 y 48.
- VV.AA. (2004). "Cahier: Méchain et la longueur du mètre". Colloque organisé par l'Observatoire de Paris, en collaboration avec l'Institut Géographique National, l'Association Française de Topographie et la participation du Bureau des Longitudes. *Revue XYZ*, París, n.º 101.
- VV.AA. (2012). "Puig de Galatzó por Son Fortuny". *Paraje natural de la Serra de Tramuntana*. *Edicions d'Espais de Natura Balear*. Govern de les Illes Balears i Obra Social La Caixa. Mallorca.
- VV.AA. (2015). "La mesura del metre". *Revista Dauldeu*, n.º 9. Xàbia, pp. 15-44.