

<TRAS LAS HUELLAS DE JORGE JUAN>

<DUQUE, Luz Marina>

<Departamento de Filosofía/Universidad del Valle/Apartado Aereo 25360/Colombia/

luzmarina@caliescali.com>

Resumen

<Francisco José de Caldas hizo parte del grupo de criollos ilustrados que desempeñaron un papel destacado en el período anterior a la independencia de Nueva Granada. El neogranadino tenía gran afición por las ciencias, especialmente por la astronomía.

El momento histórico en el cual vivió Francisco José de Caldas hizo que su gusto por las ciencias pasara del mero gusto por el saber a la conciencia de lo que ese saber significaba. Los ilustrados de la península ibérica habían acuñado el concepto “ciencia útil” para promover y estimular el desarrollo de la educación y del saber en los territorios españoles peninsulares y de ultramar. La mayoría de estos ilustrados fueron asesores de los reyes, especialmente de Carlos III, y eso hizo que la utilidad de la ciencia que ellos pregonaban beneficiara los intereses de la corona española. A finales del siglo XVIII, en pleno período ilustrado, España hacía esfuerzos enormes por ganar el calificativo de nación culta frente a las otras naciones europeas, que juzgaban que ella sólo había aportado sacerdotes y religiosas al mundo.

Don Francisco José también hizo suyo el concepto de “ciencias útiles”, tan caro a los ideales ilustrados españoles. En nuestro concepto, fue ese designio el que lo hizo transitar de la astronomía a la astronomía práctica, fundamentalmente, a la geodesia y a la cartografía.

Con el paso del tiempo, Caldas se puso al día en los conocimientos astronómicos de su época. Probablemente no tuviera suficiente información y medios para producir conocimientos nuevos en este campo, pero sí para aplicar los conocimientos existentes, especialmente en el terreno de la astronomía “práctica”, cuyas principales ocupaciones en el siglo XVIII fueron: medir la longitud de los reinos, localizar en longitud y latitud las ciudades importantes, delimitar territorios; tareas todas a las que dedicó sus esfuerzos don Francisco José.

La adopción del carácter práctico de la astronomía, por parte de Caldas fue como una especie de destino: era la única manera de ser astrónomo en América en la época en la cual vivió. Parece que él mismo fue consciente de su situación. Veamos lo que le escribió a Santiago Arroyo: “Mi don Santiago: si tuviéramos los instrumentos más necesarios, haríamos mucho; trabajamos en un terreno virgen, en que podemos ser originales. ¡Si Mutis se franqueara, si nos ayudara con uno u otro instrumento que sobran en su casa, si nos diera algunos libros necesarios!”¹

Tenemos, pues, a un científico criollo educado en el paradigma de la Física de Newton y de la Astronomía consecuente con ella; un científico, que en su etapa de estudiante, recibió conocimientos

¹ *Carta a Santiago Arroyo*, Popayán, Junio 20 de 1801, en CALDAS, *Cartas de Caldas*. Bogotá, Academia Colombiana de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales, 1978

de Geometría, que le fueron muy útiles para realizar los cálculos que las determinaciones astronómicas le exigirían.>

Eje Temático: <Tecnociencia en la historia de América Latina y el Caribe>

Código: <CIII2COL023>

País: <Colombia>

Palabras claves: <astronomía siglo XVIII, ciencia colonial en América>

Proyecto de investigación asociado: <Los trabajos astronómicos y cartográficos de Francisco José de Caldas>

Período de investigación: Iniciación <Marzo 1997>; Finalización <Julio 2004>

Texto completo:

<Sabio y Meritorio son adjetivos con los que ha sido calificado Francisco José de Caldas. Como "el sabio Caldas" suele denominársele en nuestra tradición colombiana, casi siempre desconociendo los motivos que ameritarían esta calificación y, por tanto, corriendo el riesgo de que se convierta en una denominación vacía. Ya en 1802 en una carta a Mutis, Caldas mismo le decía "No soy sabio, este es mi primer conocimiento"; y añadía que cuando se lo calificaba de esa manera se le negaba la posibilidad de continuar con su instrucción que él consideraba insuficiente. Como Meritorio lo calificó Mutis en carta que le dirigió a Cavanilles, Director del Jardín Botánico de Madrid, en julio del mismo año de 1802, cuando le comunicó que lo había "agregado a mi Expedición en calidad de Meritorio".²

Francisco José de Caldas nació en Popayán en Octubre de 1768. Era hijo de un español, Josef de Caldas y una criolla, Vicenta Thenorio Arboleda. Realizó sus primeros estudios en el Colegio Seminario de San Francisco de Asís, único colegio existente en Popayán. Allí llegó José Félix de Restrepo en 1782 y cumplió una meritoria labor tanto en la renovación de los métodos de enseñanza, como de los contenidos de las mismas. Corrían los tiempos del Reinado de los Borbones en España y de los virreyes ilustrados en Nueva Granada.

José Celestino Mutis, naturalista español había llegado a Nueva Granada como médico personal del Virrey Messía de la Cerda, en 1760. Según su biógrafo³, Mutis decidió abandonar una prometedora carrera en Europa porque le seducía más la exploración y conocimiento de la naturaleza americana. La Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada no tuvo carácter itinerante, sino que se convirtió en la institución científica más importante del período colonial. Mutis le presentó un proyecto al Arzobispo Virrey Antonio Caballero y Góngora⁴, quien la fundó provisionalmente en 1782 para recibir la sanción del Rey al año siguiente; estuvo vigente hasta 1811, aproximadamente, un poco después del primer movimiento de independencia. Caldas no estuvo entre los primeros

² HERNANDEZ DE ALBA, Guillermo, Compilador, *Archivo Epistolar del Sabio Naturalista Don José Celestino Mutis*, Bogotá, Editorial Kelly, 1968-1975.

³ GREDILLA Y GAUNA, Apolinar F., *Biografía de José Celestino Mutis con la relación de su viaje y estudios practicados en el Nuevo Reino de Granada*.

⁴ Caballero y Góngora fundó la Cátedra de Matemáticas en el Colegio del Rosario.

colaboradores de la Expedición Botánica, entre quienes cabe destacar a Francisco Antonio Zea, Jorge Tadeo Lozano, José Joaquín Camacho, Miguel Pombo, José María Carbonell y Sinforoso Mutis.

Caldas estuvo en Santafé de Bogotá entre 1788 y 1792 haciendo su Bachillerato en Derecho en el Colegio del Rosario. Todo parece indicar que en esa época no entró en contacto con Mutis. Al menos así lo sostiene argumentadamente Santiago Díaz Piedrahita.⁵ ¿Cómo llegó Caldas a la Expedición Botánica? Todo parece indicar que fue a través del conocimiento que tuvo Mutis de los trabajos científicos de Caldas a través de Santiago Arroyo, uno de los amigos más cercanos del payanés, que residía en Santafé. Mutis decidió agregarlo a la Expedición en Marzo de 1802, y para ese efecto le dirigió una comunicación a Quito, donde se encontraba.⁶

Caldas, criollo ilustrado

Sus concepciones filosóficas y metodológicas acerca de cómo es la naturaleza y cómo puede ser conocida, cuáles son los límites de la autoridad de los autores antiguos, cómo deben relacionarse los campos de la razón y la fe, nos lo muestran como un ilustrado español. Como ilustrado español, también adoptó la concepción de “ciencias útiles” adoptada en la península en aquellos tiempos.

Caldas consideraba que el mundo, o la naturaleza, como se solía decir entonces, poseía un orden, que no era accidental sino la expresión de una inteligencia ordenadora. Pensaba que el conocimiento no provenía de la experiencia inmediata, sino de la indagación y del esfuerzo de comprender las relaciones presentes en los fenómenos de la naturaleza, que no eran evidentes. A esa comprensión fue a la que los ilustrados llamaron “arrancarle los secretos a la naturaleza”, porque se lograba a través de la formulación de hipótesis, de las observaciones atentas y no como resultado de un golpe de intuición. Como devoto cristiano, Caldas entendía su fe como un asunto diferente de la investigación acerca de la naturaleza. Fue un observador muy cuidadoso, casi al límite de la meticulosidad; y se enorgullecía de ello, porque consideraba que ese cuidado garantizaba mayor precisión en sus observaciones. Más de una vez se sintió con derecho de criticar a otros científicos que no guardaban las mismas precauciones que él. Ni siquiera Mutis escapó a sus críticas.

En *Observaciones Astronómicas* de Jorge Juan, encontramos ese mismo espíritu de precisión. Pero, como ya lo hemos señalado, los desarrollos instrumentales y teóricos en la época de la Expedición Geodésica al Perú, hacían que el cuidado por la precisión fuese más una decisión metodológica que una tarea que efectivamente pudiera llevarse a cabo. En más de un escrito de Caldas encontramos observaciones acerca de las imprecisiones en la determinación de la longitud o la latitud de un lugar, de parte de los expedicionarios o alguna otra imprecisión en la determinación de la altura de otro lugar cualquiera. Pareciera que Caldas se hubiera impuesto como tarea verificar las mediciones realizadas por los expedicionarios venidos de Europa.⁷

⁵ DIAZ PIEDRAHITA, Santiago, *Nueva aproximación a Francisco José de Caldas*, pág. 42-43.

⁶ Así lo informa Caldas mismo al Virrey Amar y Borbón. Ver CALDAS, *Obras Completas [OC]*, P. 214.

⁷ En *Memoria sobre el plan de un viaje proyectado de Quito a la América Septentrional, presentada al célebre Director de la Expedición Botánica de la Nueva Granada, Don José Celestino Mutis, por F.J. Caldas*, en 1801, sostuvo: “Todos saben que el método conocido de medir una base, en la época en la que Europa derramó sobre toda la superficie del globo sus astrónomos para averiguar la figura de la Tierra, era muy imperfecto; que se reducía a perchas de madera puestas horizontalmente y en contacto unas con otras; que el más ligero golpe, inevitable en nuestras operaciones, hacía retroceder la medida; que se despreciaban mil atenciones que parecían pequeñeces, y hoy sabemos tienen el mayor influjo sobre la verdadera magnitud de

Don Francisco José también hizo suyo el concepto de “ciencias útiles”, tan caro a los ideales ilustrados españoles. En nuestro concepto, fue ese designio el que lo hizo transitar de la astronomía a la astronomía práctica, fundamentalmente, a la geodesia y a la cartografía.

¿Cómo se convirtió en astrónomo?

En la primera carta que le escribió Caldas a Mutis, el 5 de Agosto de 1801, desde Popayán, hizo un balance de su educación, de sus intereses científicos y de su proyección como científico. Si tuviéramos que responder a la pregunta de dónde aprendió Caldas sus primeras nociones de astronomía y sus primeros conocimientos de geometría y especialmente, las propiedades de la esfera, tendríamos que decir que fue en el Seminario de Popayán, donde recibió lecciones de José Félix de Restrepo, el “catedrático ilustrado”, quien le enseñó Aritmética, Geometría, Trigonometría, Álgebra, Física Experimental y Astronomía.

Lecciones de Física Experimental, el texto de Restrepo no es un texto de Física exclusivamente, es un Compendio de Ciencias Naturales; abarca la Física propiamente dicha, la Geografía, la Geodesia, la Astronomía, la Anatomía y la Biología. A través de ese texto Restrepo trató de ilustrar a los estudiantes acerca de las novedades en la investigación científica y acerca de una de las más importantes expediciones científicas que ocurrió en nuestro territorio: La Expedición Geodésica al Perú, patrocinada por la Academia de Ciencias de París, para definir la verdadera figura de la Tierra.⁸ Esta expedición científica a tierras americanas se convirtió en un parangón para Francisco José de Caldas. Deseó ardientemente recorrer los lugares que recorrieron los expedicionarios y lo hizo; se propuso verificar la exactitud de las observaciones y de los registros, herencia de aquella expedición y sobre todo, el informe de Jorge Juan⁹ se constituyó en guía para la realización de sus propias correrías científicas.

Terminada la primera etapa de estudios, fue enviado por su padre al Colegio del Rosario para que se hiciera Jurisconsulto; allí permaneció desde 1788 hasta 1792, cuando obtuvo el título de Bachiller en Derecho. De allí en adelante, su formación fue autodidacta. Su correspondencia nos da un fiel testimonio de su incansable búsqueda de libros e instrumentos. Tanto en sus memorias científicas como en su correspondencia, Caldas fue registrando los autores y los títulos de los libros que consultaba y que le servían de referencia. En cuanto a fuentes bibliográficas para el estudio de los cielos se refiere, después de 1796 cuando lo consultó por primera vez en Santafé, Caldas volvió a tener acceso a la *Astronomía* de Lalande, en Quito, cuando Humboldt le prestó el libro para que lo estudiara y pudiera copiar los nombres de 500 estrellas. Sabemos que leyó y estudió *Observaciones Astronómicas* de Jorge Juan. Encontramos citado a Delisle, *Mémoire pour servir à l'Histoire et aus progres de l'Astronomie*; a Flamsteed, *Historia Celestial Británica*, a Lacaille, *Astronomie Fundamenta*; a Maskelyne, *Almanaque Náutico*; *Almanaque Náutico* de Cádiz y *El Conocimiento de los tiempos* del Observatorio de París, de

una base, y, contrayéndonos a la de Yaruquí, sabemos que las perchas de que usaron fueron de madera con los extremos de metal: ¿y quién es el que puede apreciar las dilataciones y contracciones que el frío y el calor han ocasionado en este sistema de cuerpos tan diferentes?”

⁸ RESTREPO, José Félix, “Lecciones de Física”, Capítulo XXIII. De la figura y magnitud de la Tierra y fenómenos que de aquí resultan, en *Obras Completas*, pags. 264-270.

⁹ JUAN, Jorge, JUAN, Jorge, *Op. Cit.*.

donde tomó la Tabla de diferencias de meridianos en tiempo y en grados. También sabemos que leyó *La figure de la Terre* de Bouguer, a partir de la cual aprendió a calcular altitudes mediante la lectura del barómetro y *Mens des trois degres e Introduction Historique* de La Condamine.

Lo anterior nos indica que, con el paso del tiempo, Caldas se puso al día en los conocimientos astronómicos de su época. Probablemente no tuviera suficiente información y medios para producir conocimientos nuevos en este campo, pero sí para aplicar los conocimientos existentes, especialmente en el terreno de la **astronomía “práctica”**, cuyas principales ocupaciones en el siglo XVIII fueron: medir la longitud de los reinos, localizar en longitud y latitud las ciudades importantes, delimitar territorios; tareas todas a las que dedicó sus esfuerzos don Francisco José. ¿Se diferencia mucho el trabajo que hizo del que hacían los astrónomos de la época? ¿Acaso no se dedicaban también a observar eclipses de sol y de luna y de los satélites de Júpiter? ¿Acaso no les preocupaba la refracción y las mediciones barométricas?

Una buena hipótesis para analizar la dimensión del trabajo científico del autor que venimos estudiando, es pensar que la adopción del carácter práctico de la astronomía, por parte de Caldas fue como una especie de destino: era la única manera de ser astrónomo en América en la época en la cual vivió. Parece que él mismo fue consciente de su situación. Veamos lo que le escribió a Santiago Arroyo: “Mi don Santiago: si tuviéramos los instrumentos más necesarios, haríamos mucho; trabajamos en un terreno virgen, **en que podemos ser originales**. ¡Si Mutis se franqueara, si nos ayudara con uno u otro instrumento que sobran en su casa, si nos diera algunos libros necesarios!”¹⁰

Tenemos, pues, a un científico criollo educado en el paradigma de la Física de Newton y de la Astronomía consecuente con ella; un científico, que en su etapa de estudiante, recibió conocimientos de Geometría, que le fueron muy útiles para realizar los cálculos que las determinaciones astronómicas le exigirían. Fueron muchos los escritos en los cuales Caldas habló de su predilección por la astronomía, de cómo la contemplación de los cielos lo hacía sentirse más cerca de su Hacedor; fueron muchas también las cartas en las que dio cuenta de sus observaciones astronómicas e instó a sus amigos a seguir el ejemplo.

Las Observaciones Astronómicas, de Jorge Juan: Un modelo a seguir

Don Francisco José leyó *Observaciones Astronómicas*, de Jorge Juan y en su correría por los territorios de lo que hoy es Ecuador, se esforzó en comparar las observaciones que él realizaba con aquéllas que habían realizado los expedicionarios al Perú. Cuando analizamos las precauciones que tomaba el científico que estamos estudiando, al hacer sus determinaciones de latitud y longitud no podemos menos que pensar que el cuidado en las mediciones barométricas, la atención a la refracción, la importancia de determinar la oblicuidad de la eclíptica y otras más, fueron aprendidas en el texto de Juan. Una misión científica tan importante como fue esta, y realizada en nuestras propias tierras, despertó el interés y el deseo de emulación de parte de los científicos locales. En la ya mencionada primera carta a Mutis, le contaba cómo el hecho de tener que ir a Quito a resolver

¹⁰ *Carta a Santiago Arroyo*, Popayán, Junio 20 de 1801, en CALDAS, *Cartas de Caldas*. Bogotá, Academia Colombiana de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales, 1978

unos pleitos de su familia, hizo renacer nuevamente en él su pasión por la astronomía. Y añadía: “Este país visitado por los héroes de esta ciencia, que han determinado la elevación y posición de estos lugares y que han dejado los monumentos más preciosos. Estos me arrastraban con más violencia que el oro y todas las riquezas: este país es un libro abierto en que puede estudiar un aficionado a las matemáticas.”¹¹

En 1801 cuando lo agregó a la Expedición Botánica, Mutis le asignó algunas tareas de astronomía práctica. Muy probablemente el celo que Caldas puso en cumplir esta tarea no se debiera solo al respeto que le inspiraba Mutis, sino a su propio deseo de constatar, a través de sus propios cálculos, las mediciones que habían realizado los expedicionarios franceses y españoles en Perú. Indudablemente la ciudad de Quito llamaba poderosamente la atención de Caldas. En *Memoria sobre el plan de un viaje proyectado de Quito a la América Septentrional, presentada al célebre Director de la Expedición Botánica de la Nueva Granada, Don José Celestino Mutis, por F.J. Caldas*, en 1801, decía:

Quito, que sin contradicción es la más bella porción de la América Meridional, merece ser visitada con atención particular. Si su posición la distingue de todos los pueblos, sus producciones naturales, sus volcanes, la espantosa cordillera de que son parte, sus antiguos habitantes, los presentes, y el **haber servido de teatro a un viaje célebre**, llaman a los sabios de todas las partes de la tierra. Sería una desidia reprehensible partir de esta Provincia sin conocerla. ¡Qué objetos presentes tan dignos de un filósofo!¹²

Nos interesa mostrar enseguida algunas de las muchas alusiones y reflexiones que hizo Caldas, a lo largo de su obra, acerca de ese importante evento científico. En una nota de pie de página en *Del influjo del clima sobre los seres organizados* (1808)¹³, Caldas hizo una breve y acertada exposición acerca de la Expedición Geodésica, que nos revela a un Caldas conocedor de la teoría newtoniana y enterado de las discusiones físicas y astronómicas más importantes de su época.

Trabajos Astronómicos

Tenemos, pues, que mientras Mutis prepara las condiciones y el futuro lugar de trabajo de Caldas, éste se dedica a hacer observaciones de fenómenos astronómicos y meteorológicos, en Popayán, su ciudad natal, en la hacienda de Paispamba, de propiedad de su familia y en las correrías que realizó desde Popayán hasta Loja, en el sur de Ecuador.

Ya en una fecha temprana, Diciembre de 1795, en una carta que le escribió a su amigo Santiago Arroyo¹⁴ le hablaba del entusiasmo por el conocimiento que le despertaba el contacto con la naturaleza. Aunque no había sido el interés por el conocimiento lo que lo había llevado a recorrer por los caminos de la Nueva Granada, al transitar por ellos y tener la oportunidad de ver plantas, ríos, animales, colinas y todo lo que encontraba a su paso, se dispuso a realizar y registrar observaciones por su propia cuenta.

¹¹ CALDAS, “Carta a Mutis, Agosto 5 de 1801” en *Cartas*, pág. 101.

¹² CALDAS, OC, pág. 303-304

¹³ CALDAS, OC, pág. 90.

¹⁴ *Carta a Santiago Arroyo, Diciembre 9 de 1795, en CALDAS, Cartas.*

En Junio de 1797, en carta al mismo amigo¹⁵, le comunicaba sus primeros cálculos de latitud: “Antes de mi partida de esta ciudad [Popayán] he comenzado algunas observaciones de latitud, después de haber tirado con el mayor escrúpulo una meridiana. En ella observé la declinación de la brújula, punto de la mayor importancia para levantar la carta de esta ciudad y para la que proyecto desde Popayán hasta Fortalecillas, en que acaba la que incluyo. Hallé que declinaba 8° 10’ nordeste. El 23 de mayo comencé una observación de latitud, y el resultado me llenó de satisfacción al verla casi coincidir con la que hizo en años pasados M. Buiver; éste halló 2° 27’ y yo 2° 30’ y algunos segundos.”

En sus *Observaciones Astronómicas* don Jorge Juan nos dice¹⁶: “Los eclipses de Luna son también muy propios para determinar la Longitud de los lugares, haciendo igual uso de ellos, que de las inmersiones de los satélites; por cuyo motivo tuvimos gran cuidado, en observar todos los que pudimos en el discurso del viaje.”

En Diciembre de 1797, Francisco José anunció¹⁷ que iba a observar un eclipse de Luna que le permitiría corregir la posición de muchos lugares de las cartas que había levantado de Bogotá a Neiva, de Popayán a La Plata y de la Jurisdicción del Cabildo de Timaná. En Enero de 1798 relató que observó el eclipse y determinó un punto en longitud, por medio de la inmersión y emersión de un gran número de lugares y manchas de la Luna. Solicitó un alfabeto griego..., “Ya sabe usted que los astrónomos señalan las estrellas con caracteres griegos, desde su inventor Bayeno¹⁸: yo conozco la figura de estos caracteres, y no se el nombre de ellos para poderlos enunciar. Espero me remita usted un alfabeto griego, bien formado, trayendo cada letra su nombre al lado y su correspondiente en nuestro alfabeto.”

Lo encontramos nuevamente en Marzo de 1801 preparándose para observar otro eclipse de Luna, desde Popayán. Aspiraba establecer, sin lugar a dudas, la posición de su ciudad natal. Pero las nubes le jugaron una mala pasada!

Desde Diciembre de 1798¹⁹, podría decirse que ha comenzado a perfilarse su programa de investigación científica: se disponía a hacer las observaciones necesarias para levantar una carta completa del Virreinato, para lo cual ya tenía en sus manos el *Almanaque Náutico*. Fué en esta carta donde enunció la relación entre la astronomía y la geografía, con la expresión que hemos utilizado para darle el título a este trabajo. Veamos:

“Yo me aflijo cuando veo tan poca astronomía en toda la extensión de la Nueva Granada, y que no hay uno a quien se le pueda encargar observe una latitud. Todo ha de salir de los libros, y ¿los libros no los han formado el descuido y la ignorancia de esta materia? Por un ejemplo podrá usted juzgar. Piedrahita [Lucas Fernández

¹⁵ *Carta a Santiago Arroyo, Junio 5 de 1797*, en CALDAS, *Cartas*.

¹⁶ JUAN, Jorge, *Op. Cit.*, Libro III, Capítulo II, p. 72.

¹⁷ *Carta a Santiago Arroyo, Gigante, Diciembre 2 de 1797*, en CALDAS, *Cartas de Caldas*.

¹⁸ Johann Bayer, quien denominó con letras del alfabeto griego las estrellas de cada constelación en orden decreciente de brillo, en su *Uranometría*.

¹⁹ *Carta a Santiago Arroyo, Diciembre 5 de 1798* en CALDAS, *Cartas*.

de Piedrahita], en su historia de este Reino, coloca a la villa de Timaná a los 2° 30' de latitud norte; y yo, por cuatro observaciones acordes, dos con el sol, y por diferentes métodos, y dos con las estrellas, le hallé de 1° 58', es decir, 72' más corta. Después de esto, ¿qué confianza podré tener de unas determinaciones tan absurdas? ¿Y si no echamos manos de esos datos, de qué nos serviremos para formar la carta proyectada? **Es preciso observar, es necesario levantar al cielo los ojos para poder ver la tierra**, según expresión de Juan Andrés.”²⁰

Así pues, en 1798, Caldas se propuso observar diez y seis eclipses de los satélites de Júpiter, que habían sido calculados para el Observatorio de Cádiz y que redujo a las coordenadas de Popayán. En esta época ya disponía de un telescopio, al que él mismo le había hecho algunas adaptaciones. No obstante, a medida que se fue afinando como observador, se hizo consciente de la necesidad de contar con instrumentos cada vez mejores.

Veamos lo que nos dice don Jorge Juan²¹ acerca del problema de la longitud:

“Varios métodos hay de determinar las longitudes; pero el más exacto (para distancias grandes) que al presente se conoce, es por las observaciones de diferencias en tiempo entre los lugares, cuyas longitudes se pretenden saber: las cuales diferencias también se determinan por varios caminos; siendo el más justo de todos el observar en ambos sitios la misma inmersión o emersión de los satélites de Júpiter: porque viéndose esta por dos observadores al mismo instante, y, siendo notado el tiempo en que sucedió, por ambos, la diferencia en tiempo queda concluida, con sólo el cotejo de las dos observaciones; y por consiguiente la diferencia en longitud, reduciendo la de tiempo a partes del Ecuador: todo lo cual es bien sabido de los inteligentes; y esta corta explicación solo sirve para los que no estuviesen tan versados en el asunto.”

Juan no se limitó a señalar cuál era el mejor método para determinar la longitud, sino que también enseñó como hacerlo²²: Recomendaba arreglar con al máxima exactitud un reloj de péndulo y observar con un telescopio de 16 a 20 pies de largo. Era importante registrar el instante en que sucediera la inmersión o emersión de los satélites. Para que la observación fuera exitosa y sus resultados útiles, sugería que hubieran al menos dos observadores. Uno, para que contara los segundos que fueran pasando en el reloj de péndulo y el otro, para que observara con el telescopio la inmersión, estando atento a los segundos que fuera contando su compañero. Juan encarecía que las observaciones se hicieran con el mayor cuidado y precisión posibles, pues un solo minuto de diferencia en el tiempo, produciría un error de cinco leguas en longitud.

En los primeros días de Junio de 1802, Caldas escribió²³ desde Quito anunciando que se preparaba para observar el solsticio de verano. Confiaba que esa observación le proporcionaría información acerca de la amplitud de la eclíptica. ¿De donde habría sacado Caldas estas ideas? De la lectura del libro de Jorge Juan. En la época de la expedición geodésica a Perú, establecer la oblicuidad de la eclíptica era el primer paso necesario para la práctica de la astronomía. Juan sostenía que ese conocimiento era el fundamento de la astronomía, pues una vez establecida, era útil para establecer las ascensiones rectas, las declinaciones del Sol, el curso de los planetas, su verdadero lugar en el

²⁰ Juan Andrés (1740-1817) Sabio jesuita español, bibliotecario real en Nápoles.

²¹ JUAN, Jorge, *Op. cit.*, Libro III, Capítulo I, p. 65, 66

²² JUAN, Jorge, *Op. cit.*, Libro III, Capítulo I, p. 65, 66

²³ CALDAS, *Carta a Juan José Hurtado Arboleda y a Antonio Arboleda Arrechea*. Quito, Junio 3 de 1802.

cielo, las declinaciones de las estrellas, el gobierno de los relojes; era también necesaria para determinar las longitudes, y otros fenómenos más.

Caldas observó el tránsito de Mercurio por el Sol, ocurrido el 9 de noviembre de 1802, desde Otavalo. Este mismo fenómeno fue observado por los marineros de la Expedición Fidalgo, desde Cartagena y por Humboldt, desde el Callao. Todos ellos observaron la salida del planeta, porque el tránsito había empezado antes de que saliera el Sol. Como el mismo Caldas le escribiera a Mutis, Humboldt le había escrito desde Trujillo recomendándole que hiciera esta observación.²⁴

A principios del siguiente año, el 21 de Febrero de 1803, observó un eclipse de Sol desde Quito. Como en el caso anterior, este evento astronómico también fue observado desde Cartagena por Juan de Tiscar y Valle, oficial de la Expedición Fidalgo y por Ferrer, desde La Habana. Los resultados de esas observaciones simultáneas desde diferentes lugares, le permitieron a Caldas establecer la longitud de Quito, una de sus mayores metas científicas.

La llegada del Barón de Humboldt y de Amadeo Bonpland a Santafé en 1800, les trajo noticias a los santafereños acerca de los trabajos hidrográficos que estaban realizando unos marineros al mando de Joaquín Francisco Fidalgo.

Humboldt llegó al interior de la Nueva Granada por el Río Magdalena y aprovechó su recorrido para hacer mediciones barométricas, observar la declinación de la aguja, establecer un sinnúmero de latitudes y longitudes, utilizando el cronómetro de M. Berthoud. Acopió suficientes materiales para hacer una carta del Río Magdalena, desde su desembocadura –en Bocas de Ceniza- hasta Honda, que se publicó en París en 1816, con algunas modificaciones. Humboldt incorporó la carta de la parte alta del Río Magdalena que Caldas le facilitó, al mapa del curso de ese río en su Atlas, y le dio los créditos correspondientes al científico criollo.²⁵

En Enero de 1802, unas semanas después de la llegada del Barón a Ecuador, don Francisco José no cabía de contento. Estaba feliz por la oportunidad de interactuar con un científico europeo y orgulloso de todos los elogios que le había hecho el Barón. Consideraba que el trato con el prusiano le había servido para concluir muchos de los trabajos astronómicos que ya había adelantado, sentía que ha logrado comprender los “más profundos misterios” de esa ciencia y que ya se podía llamar a sí mismo astrónomo. Del *Catálogo de Estrellas*, de Lalande, que trajo Humboldt, Caldas copió los nombres y posiciones de 440 estrellas, que sumadas a las 120 que ya conocía, lo hacía sentirse dueño de 560. En cuanto al aprecio que hizo el Barón de sus trabajos, sintió que la aprobación del prusiano coronaba de gloria sus trabajos. Así le escribió a Santiago Arroyo: “Después de leer mis manuscritos dijo en una tertulia que mis observaciones astronómicas **están más bien ejecutadas que las de don Jorge Juan**. ¡Qué honor para mi oírme preferir a este hombre admirado de la Europa! (...)”²⁶

²⁴ *Carta a Mutis*, Otavalo, Noviembre 22 de 1802, en *CARTAS*.

²⁵ ARIAS DE GREIFF, Jorge, *La astronomía en Colombia*. Bogotá, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Enrique Pérez Arbelaez N° 8, 1993, p. 67

²⁶ *Carta a Santiago Perez de Arroyo*, Quito, Enero 21 de 1802, en *CALDAS, Cartas*.

Director del Observatorio Astronómico de Santafé

Las tareas geográficas y astronómicas estaban contempladas desde un principio en la solicitud de creación de la Expedición Botánica, que hizo Mutis; el Rey envió desde el comienzo dotaciones de instrumentos astronómicos. Mutis enseñó el modelo heliocéntrico y la física newtoniana en su Cátedra de Matemáticas del Colegio del Rosario; no era un astrónomo dedicado y solamente realizó unos cuantos trabajos astronómicos: determinó la latitud de Santafé, observó un eclipse de un satélite de Júpiter, el mismo que Jorge Juan observó en Cádiz y que por lo tanto, le sirvió para determinar la longitud de Santafé; también hizo observaciones diurnas del barómetro.

En el mismo año de 1801, que mandó a construir el Observatorio Astronómico, Mutis le escribió por primera vez a Francisco José de Caldas anunciándole que lo había agregado a la Expedición, pero el payanés se tomó su tiempo para llegar a Santafé. Llegó en Diciembre de 1805, acompañado de quince mulas cargadas con todo el material recogido durante su estancia en Quito y en su travesía hasta Santafé. A su llegada asumió, por mandato de Mutis, la dirección del Observatorio Astronómico. En el número 7 del *Semanario*, Caldas publicó el artículo “Descripción del Observatorio Astronómico de Santafé de Bogotá, situado en el Jardín de la Real Expedición Botánica”. Allí, efectivamente hizo una descripción del edificio y de las tareas que realizó desde que se hizo cargo del establecimiento. Dice que comenzó por montar los instrumentos con el fin de hacer una serie de observaciones astronómicas y meteorológicas.

Destacó las ventajas del Observatorio Astronómico de Santafé de Bogotá, derivadas de su cercana ubicación al Ecuador, que posibilitaba la observación de las estrellas del Hemisferio Norte y del Hemisferio Sur. Consideraba que todas esas ventajas se aumentarían si dispusiera de mayor cantidad de instrumentos astronómicos, a pesar de que, como ya dijimos, poseía una dotación adecuada de ellos. Se refirió, especialmente, al conocimiento de las estrellas del Sur y a la posibilidad de observar y conocer nuevas estrellas dobles y triples y también de conocer nebulosas. Me importa señalar este detalle; es decir, que Caldas conocía la existencia de estrellas dobles y triples y también, la existencia de nebulosas. Kant y Laplace habían formulado la hipótesis del origen del universo a partir de una nebulosa; pero el concepto mismo de nebulosa no era muy preciso en ese entonces. Todavía no existían medios para saber que todas las nebulosas no eran iguales, que hay nebulosas planetarias, estelares, galácticas, cúmulos y otros. Casi contemporáneo con Caldas, Charles Messier (1730-1817), astrónomo francés interesado en la observación de cometas, con el fin de facilitar la detección de los mismos, hizo un catálogo de las nebulosas presentes en el cielo, y que él pensaba que eran objetos fijos, el famoso *Catálogo Messier*, publicado en 1781. Allí registró las posiciones exactas de 110 de esos objetos, con el fin de distinguirlos de los buscados cometas. El catálogo, que se inicia con la nebulosa del Cangrejo (M1), contiene otros objetos importantes, como la galaxia de Andrómeda (M31).

En el primer *Informe al Virrey Amar y Borbón*, que envió Caldas el 1° de Julio de 1809, hizo un balance de sus últimos trabajos de astronomía:

En los últimos cuatro meses he verificado largos trabajos sobre las refracciones astronómicas al nivel y latitud de este Observatorio. Vuestra Excelencia sabe que este elemento es capital en la Astronomía, y que jamás se

trabaja mucho cuando se trabaja con utilidad. Vuestra Excelencia hallará en mi *Colección de Observaciones Astronómicas* una *Memoria sobre las refracciones en Santafé*. Todas las *alturas meridianas del sol*, tan interesantes para las refracciones y tan necesarias para todo cuanto se ejecute en esta ciencia inmensa y sublime, *las alturas de las estrellas* en las noches que lo han permitido las nubes, el último *eclipse de luna*, las *inmersiones y emersiones de los satélites de Júpiter*, las *ocultaciones de las estrellas* por la Luna, *distancias de estos planetas*, el último *solsticio* felizmente observado, las *variaciones del barómetro, termómetro e higrómetro* tres veces cada día, *cálculos dilatados*, organización de observaciones y de manuscritos, para adelantar las obras de las que he hablado a su Excelencia, son las ocupaciones que he tenido desde que merecí el encargo de este establecimiento, que hace tanto honor al sabio que lo proyectó, al Reino, a la América y sobre todo, al ilustre Jefe que sabe apreciarlo, y que le sostiene bajo su poderosa protección.²⁷

Caldas aprovechó ese informe para solicitarle al Rey que autorizara el envío de las *Efemérides astronómicas* que publicaba anualmente el Observatorio Real de la Isla de León. Consideraba que, en tanto establecimiento público, el Observatorio debía contar con estas publicaciones, muy abundantes en la península ibérica. También le solicitó al Virrey le permitiera entregar los informes acerca de sus trabajos de Astronomía cada año, y no cada cuatro meses, como se lo habían solicitado. Explicaba que de las otras materias podía dar informes en ese período, pero que las observaciones astronómicas requerían al menos un año para que los datos recogidos pudieran adquirir sentido en el contexto de la rotación anual de nuestro planeta.

Una parte muy importante de la labor que realizó nuestro científico en el Observatorio consistió en la elaboración de efemérides. El 1º de Enero de 1811 los santafereños leyeron un folleto escrito y publicado por Caldas, que contenía el *Almanaque del Nuevo Reino de Granada para 1811*, en el cual se detallaban los eclipses de Sol y de Luna de una manera diferente a la acostumbrada en los almanaques de pliego. El *Almanaque* constaba de las siguientes partes: Prefación, Épocas, (fechas) de la Historia de las Ciencias, Sistema Planetario, Cómputos Eclesiásticos, Cuatro Témperas, Fiestas Móviles, Oblicuidad aparente de la eclíptica, eclipses de Sol y Luna, Apulsos y, para cada uno de los meses del año: Longitud de Sol, declinación del Sol, semidiámetro del Sol, longitud del nodo de la Luna, apogeo y perigeo lunar, puntos notables de la Luna en la órbita y calendario.

Un año después en el *Almanaque de las Provincias Unidas del Nuevo Reino de Granada para el año bisiesto de 1812*, explicaba que había puesto al comienzo de cada mes, la longitud, declinación y semidiámetro del Sol, junto con la longitud del nodo ascendente de tarea a las personas que quisieran sumarse a los cálculos de latitud y longitud de los lugares donde habitaban. Fiel a su interés de “difundir las luces”, de lograr que cada vez se vinculara mayor cantidad de personas a las tareas científicas de apropiación del medio, insertó, por primera vez, los apulsos²⁸ que iban a ser visibles en toda la extensión del Reino en ese año y señalaba que ése era uno de los métodos más exactos para la determinación de las longitudes, porque atendía más al rigor geométrico, no exigía aparatos ni mayores gastos; animaba a los lectores a observar estos fenómenos, tarea que consideraba sencilla, inclusive al alcance de personas que no estuvieran instruidas en Astronomía.

En ese mismo *Almanaque* de 1812, Caldas expresó su conocimiento acerca de la explicación newtoniana sobre el origen de las mareas. Ofreció definiciones de conceptos astronómicos relacionados con todos los puntos lunares para facilitar la observación aún a personas que no fueran

²⁷ CALDAS, OC, pág. 221

²⁸ Momento en que un astro parece tocar a otro.

profesionales. Definió zizigia, cuadratura, apogeo, perigeo, lunisticio, equinoccio, Luna eclíptica y cenit.

Caldas tenía un conocimiento bastante actualizado acerca de la historia de las ciencias de su época. Al final presentaba el Sistema Planetario, según los últimos descubrimientos:

Sol, centro del sistema y foco de luz.

Mercurio

Venus

Tierra, con un satélite, o Luna

Marte

Júpiter, con cuatro satélites o lunas

Saturno, con dos anillos concéntricos y cinco lunas.

Herschel, con ocho satélites o lunas

Piazzi, descubierto por Mr. Piazzi, astrónomo de Palermo

Olbers, descubierto por M. Olbers

Harding, descubierto por Mr. Harding

Hay, pues, en nuestro sistema doce planetas primarios, dos anillos y diez y ocho secundarios; entre todos, treinta y dos cuerpos opacos que ruedan alrededor del Sol.²⁹

El Sol, Mercurio, Venus, la Tierra, la Luna, Marte, Júpiter y Saturno eran las siete estrellas errantes conocidas desde la antigüedad. Herschel, Piazzi, Olbers, Harding fueron nombres provisionales correspondientes a los descubridores de algunos cuerpos celestes.

El 1 de enero de 1801, Giuseppe Piazzi descubrió un cuerpo celeste. En un primer momento supuso que se trataba de un nuevo cometa; sin embargo, después de determinar su órbita, quedó claro que se parecía más a la de un planeta. Piazzi lo bautizó Ceres, en honor a la patrona siciliana de la agricultura. Se trataba de un asteroide.

William Herschel descubrió el planeta Urano, después de analizar las perturbaciones en la órbita de Saturno, calculó en qué órbita podría encontrarse el cuerpo celeste que las provocaba; enfocó su telescopio a ese lugar del cielo y efectivamente lo encontró! El descubrimiento de Urano constituyó una confirmación a la Mecánica de Newton. Así que el planeta Herschel es Urano.

¿Qué cuerpo celeste descubrió Olbers, para que mereciera llevar su nombre, al menos por un tiempo? H. W. Matthäus Olbers (1758-1840), fue médico de profesión y astrónomo aficionado. En 1779 creó el primer método, todavía utilizado hoy en día por los astrónomos, para calcular la órbita de los cometas. El 1 de enero de 1802 Olbers localizó, en la posición prevista por Karl F. Gauss, el primer asteroide, Ceres, que ya había sido descubierto un año antes por Giussepe Piazzi, y después se había perdido de vista. Poco tiempo después, siguiendo a Ceres, Olbers descubrió otro asteroide, Palas, y se convenció de que estaban relacionados con los fragmentos de un cuerpo más grande; por lo tanto buscó otros fragmentos y en 1807 descubrió Vesta. Postuló la teoría, hoy reevaluada, de que los asteroides por su órbita y posición derivaban de un cataclismo planetario, es decir, eran fragmentos de un planeta desintegrado, que anteriormente giraba alrededor del Sol. Descubrió cinco cometas y calculó la órbita de 18.

²⁹ CALDAS, OC, pág. 18

Caldas comprendía bien cómo se puede usar la observación del comportamiento del Sol, la Luna y las estrellas para comprender la ubicación geográfica. En su artículo “La Expedición Botánica y la Comisión Corográfica. Una mirada comparativa”³⁰ Olga Restrepo sostiene que la Geografía fue el hilo conductor de los trabajos del científico neogranadino que venimos estudiando:

La astronomía, las matemáticas o la botánica, como disciplinas independientes, no permiten dar coherencia y sentido a la obra de Caldas; no representaban el hilo conductor de sus intereses y su actividad de indagación. Ese hilo conductor no era otro que la geografía. La inclinación de Caldas por la geografía le exigió ampliar sus conocimientos de astronomía; estudio botánica desde el horizonte de la distribución espacial de las plantas.

Por su parte Caldas, en la *Memoria sobre el plan de un viaje proyectado de Quito a la América Septentrional, presentada al célebre Director de la Expedición Botánica de la Nueva Granada, Don José Celestino Mutis, por F.J. de Caldas*, escrito probablemente en 1801, Caldas dio a conocer su concepción de Astronomía, al señalar las tareas relativas a esta materia de las que se ocuparía si su proyecto fuese aprobado:

Las longitudes y latitudes de los lugares, y sobre todo de Guayaquil, Sonsonate, Veracruz, etc., serán nuestro primer cuidado. Usaremos de todos los métodos conocidos: eclipses de sol, de luna, satélites de Júpiter, distancias de la luna al sol, paso por el meridiano de aquella, etc. En nuestras travesías por mar comprobaremos por nuestras propias observaciones la exactitud de los métodos.³¹

Para su trabajo cartográfico, construido a partir de observaciones astronómicas, Francisco José utilizó la *Astronomía* de Lalande, de la que había copiado unas tablas en 1796 cuando estuvo de visita en Santafé, la versión anual del *Almanaque Náutico de Cádiz*, la *Guía de Navegantes*, las *Observaciones Astronómicas* de Jorge Juan y el *Atlas Celeste* de Flamsteed que le permitió consultar Humboldt cuando se encontraron en 1802. Desde 1797 había emprendido el estudio de los mapas más conocidos, incluyendo los de Piedrahita y Maldonado sobre la Nueva Granada; además le encargó a Santiago Arroyo que le enviara a Popayán el mapa de América Meridional de Juan de la Cruz Cano y Olmedilla. De Geografía, Caldas conoció los trabajos de algunos jesuitas: Marañón, Mayn, Gumilla, a quienes tomó como referencia.

La mayor parte de los trabajos cartográficos de Francisco José de Caldas corresponden a la época en que fue mercader y recorrió los territorios de la Nueva Granada desde Popayán hasta el sur de Ecuador, es decir, entre 1797 y 1805.

A fines de 1798 el acopio de datos que había ido recogiendo en sus correrías, lo llevaron a acariciar el proyecto de elaborar el mapa de todo el virreinato. Ya disponía regularmente del *Almanaque Náutico* de Cádiz y de un telescopio, podía usar los fenómenos de los satélites de Júpiter que observaba, para agregar a sus mapas más longitudes fijadas astronómicamente. Una de las observaciones de este fenómeno es recordada en nuestra tradición histórica, la de la emersión del

³⁰ RESTREPO, Olga, *La Expedición Botánica y la Comisión Corográfica. Una mirada comparativa*, en “Senderos”, Publicación semestral de la Biblioteca Nacional de Colombia (Bogotá), 5(25/26). Primer semestre 1993.

³¹ CALDAS, OC, pág. 316

primer satélite de Júpiter ocurrida el 22 de diciembre de 1798, con la que fijó la longitud de Popayán; Humboldt mismo admiró este trabajo, cuyos datos encontró muy acordes con los suyos propios. Al mismo tiempo le sirvió como referencia para las demás determinaciones de longitud que realizó en su correría por la América Meridional.³²

Su primer trabajo cartográfico fue la carta de la Provincia de Timaná que hizo a instancias de los gobernantes de la misma que requerían dirimir un pleito de límites con el cabildo de La Plata. Para realizarla, tuvo que determinar numerosas latitudes, realizar operaciones de triangulaciones y lograr la longitud de algún lugar. Un fenómeno astronómico vino a ayudarlo en esta última tarea, el eclipse total de Luna del 3 al 4 de diciembre de 1797, que observó en Gigante. Así pues su primera determinación astronómica de longitud fue un excelente trabajo.

El encuentro con Humboldt y Bonpland, le confirmó a Caldas la importancia de la geografía. Se propuso llevar a cabo una Geografía Botánica de las plantas del Virreinato, que estudiaría las alturas a las que se producían las plantas en este territorio, tal como escribió en *Estado de la Geografía del Virreinato de Santafé...*, en 1807, donde propuso la integración de una expedición geográfica o económica e itinerante.

Entre septiembre y diciembre de 1802 viajó al norte de Quito, Ibarra y Otavalo, donde observó el paso de Mercurio frente al disco solar, del que ya hablamos. Entre julio y agosto de 1803 hizo el reconocimiento y exploración del camino de Malbucho, buscando una salida al mar a instancias de Carondelet; este trabajo le permitió determinar astronómicamente Ibarra, Salinas, Malbucho, San Miguel y otros. En mayo de 1804 viajó a Barnuevo, permaneció en Quito para el solsticio de junio y entre julio y diciembre viajó a Riobamba, Cuenca y Loja. Entre otros lugares determinados astronómicamente están Quito, Turabamba, Machache, Sasquisilí, Tagualó, Otavalo, Ibarra, Guaca, Guachacal, Santa Lucía, Popayán, Matarredonda, Macuchí, Ambato, Riobamba y Cuenca. Además levantó la carta de casi toda la parte meridional de la Nueva Granada. Cuando se reunió con Humboldt le entregó un mapa del alto Magdalena, con las respectivas observaciones astronómicas y cálculos sobre la posición de Popayán y otros puntos intermedios hasta Ibarra. El Barón publicó este mapa en su Atlas Geográfico de 1814.³³

En su Informe al Virrey (1808), del que ya hemos hablado tanto, don Francisco José reconocía los aportes que habían hecho a la cartografía Pedro Maldonado, La Condamine, Fidalgo y Humboldt, pero se enorgullecía de haber sido quien había aclarado muchas dudas y quitado muchos errores de los trabajos cartográficos realizados previamente.

³² Caldas copió para sus amigos el elogio que le hizo el Barón en su *Diario de Observaciones*: "Ce Mr. Caldas est un prodige dans l'astronomie. Né dans les ténèbres de Popayán, n'ayant jamais voyagé plus loin que jusq'a S.Fe; il s'est construit lui même des barometres, un secteur, un quart de cercle du bois. Il tire des meridiennes, mesure la latitude par de gnomones de 12-15 pies. ¡Que ne ferait pas ce jeune home das un pays ou il ya des mohines, ou il ne faut pas tout apprendre par soi même!

³³ En su libro *La Astronomía en Colombia*, pág. 56, ARIAS DE GREIFF nos dice: El manuscrito de estos trabajos que Caldas entregó en Quito a Humboldt fue recientemente localizado en el Viejo Continente. (...) La carta que con ayuda de estos trabajos realizados en Timaná elaboró Caldas, y de la cual también dejó copias a Humboldt, fue incorporada al mapa del Río Magdalena publicado en el *Atlas Géographique et Physique* y las posiciones astronómicas calculadas por Oltmanns con base en las observaciones de Caldas, aparecieron publicadas al lado de aquellas debidas a Humboldt. El trabajo de Caldas tiene ya la misma utilidad y destino que el de cualquiera de los demás geógrafos de su tiempo: aparece incorporado al acervo de informaciones y conocimientos públicos sobre el globo terráqueo: satisfacer la demanda social global existente sobre el conocimiento del globo.

Los métodos más usados para calcular la longitud en la época de Caldas, requerían un enorme trabajo de cálculos matemáticos después de haber realizado las observaciones, básicamente, de los eclipses de las lunas de Júpiter y de los eclipses de Luna: Era necesario hacer las conversiones de los tiempos de observación de acuerdo al *Almanaque Náutico*.

Consideraba que los conocimientos geográficos eran el parámetro con que se medían la ilustración, el comercio, la agricultura y la prosperidad de un pueblo. Así mismo era consciente de la importancia de la geografía para los gobernantes, porque ella les daba a conocer las dimensiones del territorio que gobernaban, la riqueza de las costas, cuáles eran los ríos navegables, dónde estaban las montañas y los valles, los lugares donde habían caminos y donde se podrían trazar nuevos caminos, el clima, la temperatura, la elevación sobre el mar de todos los puntos, las costumbres de sus habitantes, las producciones espontáneas y las que podrían “connaturalizarse” con el arte.³⁴ Inclusive propuso métodos para abrir nuevos caminos, que atravesaran las cordilleras.

Para finalizar nos referiremos brevemente al proyecto que presentó Caldas desde el *Semanario* para que se formara una expedición *geográfica o económica* destinada a recorrer el Virreinato, que debía estar compuesta de un astrónomo, de un botánico, de un mineralogista, de un encargado de la parte zoológica y de un economista, a los que se unirían dos dibujantes y podría ser financiada por todas las Provincias, que contribuirían con un fondo formado por las personas más adineradas, por los comerciantes y por el Consulado de Cartagena. La expedición no se realizó, pero su propuesta de conocer mejor nuestro territorio encontró eco en algunos neogranadinos, que enviaron sus contribuciones al *Semanario*.>

BIBLIOGRAFÍA

<ARIAS DE GREIFF, Jorge y otros, *CALDAS 1768-1816. Francisco Joseph de Caldas y Thenorio*. Edición conmemorativa a los veinticinco años del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas “Colciencias”. Bogotá, Molinos Velásquez Editores, 1994.

ARIAS DE GREIFF, Jorge, *La astronomía en Colombia*, Bogotá, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1ª ed., 1993.

BATEMAN, Alfredo, *El Observatorio Astronómico de Bogota. Monografía histórica con ocasión del 150º aniversario de su fundación*. Bogotá, Universidad Nacional 1953.

CALDAS Y TENORIO, Francisco José, *Cartas de Caldas*, Bogotá, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1978.

³⁴ CALDAS, Francisco José, *Estado de la Geografía del Virreinato de Santafe de Bogotá, con relación a la economía y al comercio*. Publicado en los números 1º a 6º del *Semanario* (3,10,17,24 y 31 de enero y 7 de febrero de 1808).

CALDAS Y TENORIO, Francisco José, *Obras Completas de Francisco José de Caldas*, Bogotá, Imprenta Nacional, 1966.

CALDAS Y TENORIO, Francisco José, *Semanario del Nuevo Reino de Granada*, Bogotá, Biblioteca Popular de Cultura Colombiana, Editorial Kelly, 1942.

COLCIENCIAS, *Historia Social de la Ciencia en Colombia*. Tomo II, *Matemáticas, Astronomía y Geología*. Bogotá, Tercer Mundo, 1993.

DIAZ PIEDRAHITA, Santiago, *Nueva aproximación a Francisco José de Caldas. Episodios de su vida y de su actividad científica*. Bogotá, Academia Colombiana de Historia, 1997.

FONNEGRA, Gabriel, Compilador, *Mutis y la Expedición Botánica. Documentos*. Bogotá, El Ancora Editores, 1983.

GONZALEZ PEREZ, Marco, *Francisco José de Caldas y la Ilustración en la Nueva Granada*, Bogotá, Ediciones Tercer Mundo, 1984.

GREDILLA Y GAUNA, Apolinar Federico, *Biografía de José Celestino Mutis; con la relación de su viaje y estudios particulares en el Nuevo Reino de Granada*. Madrid, Establecimiento Tipográfico de Fortanet, 1911.

HERNANDEZ DE ALBA, Gonzalo, *Pensamiento científico y filosófico de José Celestino Mutis*, Bogotá, Fondo Cultural Cafetero, 1982.

HERNANDEZ DE ALBA, Guillermo, Compilador, *Archivo Epistolar del Sabio Naturalista Don José Celestino Mutis*, Bogotá, Editorial Kelly, 1968-1975.

HERNANDEZ DE ALBA, Guillermo, Compilador, *Escritos científicos de Don José Celestino Mutis*, Bogotá, Editorial Kelly, Instituto Colombiano de Cultura Hispánica, 1983.

JUAN, Jorge, *Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de S. Mag. en los Reinos del Perú*, por Jorge Juan, Comendador de Aliaga en el Orden de S. Juan, Socio Correspondiente de la R. Academia de las Ciencias de París, y D. ANTONIO DE ULLOA, de la R. Sociedad de Londres, ambos Capitanes de Fragata de la R. Armada, de las cuales se deduce la figura y magnitud de la Tierra y se aplica a la Navegación. Impreso de orden del Rey Nuestro Señor en Madrid por Juan Zúñiga, Año MDCCXLVIII.

LAFUENTE, Antonio y MAZUECOS, Antonio, *Los caballeros del punto fijo. Ciencia y aventura en la expedición geodésica al Perú*. Quito, ABYA-YALA, 1992.

LALANDE, M. de, *Connaissance des mouvemens celestes pour l'année commune 1765*. Publié par l'ordre de l'Academie Royale des Sciences. Paris, MDCCLXIII.

MASKELYNE, Nevil, *The Brithish Mariner's Guide. Containing complete and easy instructions for the discovery of the longitude at sea and land, within a degree, by observations of the distance of the Moon from the Sun and stars, by Nevil Maskelyne A. M. Fellow of Trinity College, Cambridge, and of the Royal Society, London, in-4°, 1763*.

NEWTON, Isaac, *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural y su Sistema del Mundo*. Edición preparada por Antonio Escohotado. Madrid, Editora Nacional, 1982.

OLIVOS LOMBANA, Andrés, *Caldas. Precursor del patriotismo científico*. Bogotá, Panamericana Editorial, 1998.

RESTREPO, José Félix, *Obras completas*. Bogotá, Biblioteca Colombiana de Filosofía, Universidad Santo Tomás, 2002.

RESTREPO, Olga, “La Expedición Botánica y la Comisión Corográfica: Una mirada comparativa” en *Senderos*. Publicación Semestral de Biblioteca Nacional de Colombia (Bogotá), 5(25/26): 535-563. Primer Semestre, Agosto de 1993.

SELLES, Manuel A., *Astronomía y navegación en el siglo XVIII*. Madrid, Ediciones AKAL, 1992.

SELLES, PESET y LAFUENTE, *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*. Madrid, Alianza Universidad, 1987.

SOBEL, Dava, *Longitud*. Madrid, Editorial Debate, 1ª ed., 1998.

VEZGA, Florentino, *La Expedición Botánica*. Cali, Carvajal & Cía, 1971>