

Resumen del artículo

La física en la Expedición Malaspina (1789-1794): ideología, práctica y experimentación

Patricio Leyton A.

Zenobio Saldivia M.

Se sostiene tradicionalmente que la física es la ciencia que estudia los estados de la materia y que procura explicar de manera racional los fenómenos naturales mediante el uso de complejas ecuaciones matemáticas. No obstante, consideramos que esta ciencia puede tener otros usos más allá del mero y objetivo estudio de la realidad natural. Este fue el caso de la expedición científica española, al mando del navegante y científico italiano Alejandro Malaspina, la cual recorrió los dominios de ultramar de la Corona española entre los años 1789 a 1794 y efectuó trabajos científicos en diversas disciplinas, siendo la física una de ellas. En este sentido, la física en la comisión hispana tuvo carices de tipo ideológico, práctico y teórico-experimental. El primero fue dado por el vínculo de esta ciencia con aspectos políticos, civilizatorios y de prosperidad nacional, los que estaban en directa concordancia con el *ethos* de la Ilustración europea. El segundo, en tanto, estuvo en directa relación con los trabajos propiamente científicos; vale decir que se analiza la física en concordancia con el uso de instrumentos científicos, la medición y cuantificación de fenómenos de la naturaleza y el empleo de una metodología de acuerdo con la ciencia del siglo XVIII. Por último, el aspecto teórico-experimental estaba condicionado por las explicaciones de tipo físico y teórico que se dieron a ciertos elementos de la naturaleza y por la elaboración de experimentos y experiencias sobre los estados de la materia, mientras transcurrió el viaje por el Océano Atlántico y el Océano Pacífico.

Abstract

Is traditionally held that physics is the science that studies the states of matter and attempting to make rational explanations of natural phenomena by

Palabras clave:

Expedición Malaspina, física, ideología, práctica científica, experimento.

Keywords:

Malaspina Expedition, physics, ideology, scientific practice, experiment.

using complex mathematical equations. However, we believe that science can have other uses beyond simple and objective study of natural reality. This was the case of the Spanish scientific expedition under the command of navigator and Italian scientist Alessandro Malaspina, which toured overseas dominions of the Spanish Crown between the years 1789-1794 and have made scientific work in diverse disciplines, being physical one. In this sense, physics in the Hispanic committee took a turn type ideological, practical and theoretical-experimental. The first is given by the bond of physics aspects of political, civilizational and national prosperity, which are in direct accordance with the ethos of the European Enlightenment. The second, meanwhile, is directly related to actual scientific work; physics is analyzed in accordance with the use of scientific instruments, measurement and quantification of phenomena of nature and the use of a methodology according to science of the 18th century.

Finally, the theoretical and experimental aspect is conditioned by the explanations type physicist and theorist who was given to certain elements of nature and the development of experiments and experiences about the states of matter, as he went the route through the oceans Atlantic and Pacific.

Patricio Leyton A.

Pontificia Universidad Católica de Chile

Zenobio Saldivia M.

Universidad Tecnológica Metropolitana

La física en la Expedición Malaspina (1789-1794): ideología, práctica y experimentación

Introducción

La física en el siglo XVIII fue una de las ciencias de la naturaleza con más avance y progreso. La misma estuvo sujeta a nuevos descubrimientos, a nuevas formas de experimentación y a la utilización de nuevos instrumentos, hasta que finalmente logró institucionalizarse socialmente por medio de su presencia en las academias de las ciencias y en virtud de su enseñanza en las universidades. La física en la Ilustración tuvo como horizonte teórico e intelectual a la mecánica newtoniana, la cual comenzó a desplazar a la filosofía natural de tipo escolástico que aún permanecía dentro del currículo de enseñanza de algunas universidades y centros educacionales de Europa. Por lo cual, el siglo XVIII está caracterizado tanto por la consolidación y expansión de la física newtoniana como paradigma científico, como por la cantidad de viajes realizados, cotejos de medidas y el empleo de instrumentos.¹

En España, en tanto, la Corona y parte de los sectores ilustrados efectuaron una intensa labor en torno de la creación de instituciones que propiciaran el auge y la difusión de las ciencias. Por ello, además de la contratación de sabios y científicos extranjeros (como por ejemplo Alejandro Malaspina y Juan Vernaci de origen italiano o Tadeo Haenke de nacionalidad checa, quienes fueron parte de la expedición malaspiniana),

1 Cfr. Marie-Noëlle Bourguet y Christan Licoppe. "Voyages, mesures et instruments. Une nouvelle expérience du monde au Siècle des lumières". *Annales École des Hautes Études en Sciences Sociales*. París, año 52, núm. 5, septiembre-octubre de 1997, pp. 1115-1151.

2 Antonio Lafuente y José Luis Peset. "Las actividades e instituciones científicas en la España ilustrada". Manuel Sellés et al (eds.). *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*. Madrid: Editorial Alianza, 1988, p. 35.

3 *Idem*.

4 Cfr. Gabriel Fonnegra. *Mutis y la expedición botánica*. Bogotá: El Áncora, 2008, p. 40.

5 Lafuente y Peset, *op. cit.*, p. 34.

se interesaron también en la actualización de los contenidos relativos a la enseñanza de las ciencias en los colegios y en los centros de educación superior.² De igual manera, se dedicaron a fundar una serie de establecimientos inexistentes durante los siglos de la administración de los Habsburgo, con el objetivo de hacer de la ciencia una actividad cada vez más social. Entre estas entidades estaban

los Colegios de Cirugía de Cádiz (1748) y el de Barcelona (1760), la fundación del Observatorio de Marina de Cádiz (1753), la Asamblea Amistoso-Literaria de Cádiz (1755), la Real Sociedad Militar de Madrid (1757), el Colegio de Artillería de Segovia (1762) y las Academias de Guardias Corps de Madrid (1750), todos ellos vinculados al aparato militar del Estado.³

Pero no sólo en Madrid se demostraba el interés por la ciencia ilustrada, también en ciudades como Cádiz, Barcelona y otras se percibía una porfía por erigir librerías y gabinetes de historia natural y una bullente actividad orientada a hacer y repetir varias observaciones y experiencias, utilizando instrumentos y máquinas muy costosas.⁴ Todos estos cambios en el sistema científico español deben entenderse a la par de las reformas borbónicas, que aspiraban a modernizar tanto política como culturalmente la estructura social del imperio hispánico a ambos lados del Océano Atlántico.

Una de las particularidades de la ciencia hispana en el periodo ilustrado fue la militarización de esta actividad. Un ejemplo de aquello es el hecho de que la mayor parte de las instituciones anteriormente aludidas corresponden a corporaciones castrenses, en las que se incluyeron los contenidos de la ciencia moderna en la formación de los futuros oficiales. De este modo, tal como lo han señalado Antonio Lafuente y José Luis Peset, "se consolida un proceso de militarización de la ciencia española, uno de los rasgos más acusados de nuestra Ilustración".⁵ El objeto de esto fue la formación de ingenieros militares que fueran capaces de realizar trabajos

científicos necesarios para los requerimientos políticos de la Corona, tales como: construcción de fuertes, levantamientos cartográficos, estudios hidrográficos, diseños de ciudades, etc.; dicho tema lo han estudiado Horacio Capel, Joan-Eugeni Sánchez y Omar Moncada para el siglo XVIII.⁶ En efecto, recuérdese que incluso el mismo Alejandro Malaspina tuvo que hacer trabajos de tipo militar y científico como parte de su trayectoria de hombre al servicio de los Borbón.⁷

A pesar de los cambios y las reformas realizadas a la institucionalidad científica española en el siglo XVIII, la península ibérica fue considerada como parte de la periferia científica europea, entendiendo que los centros del saber estaban en países como Inglaterra y Francia, ya que España no había logrado los estándares de producción e investigación que estos países habían alcanzado, además los ibéricos no poseían una comunidad de científicos consolidados a nivel social e intelectual con reconocimiento internacional. Cabe destacar que este imperio no fue el único considerado marginal en las ciencias en el siglo XVIII, otras naciones también fueron juzgadas como periféricas a nivel cultural y de producción de conocimiento,

[...] como Rusia, Prusia, Austria o España, pues no había grupos sociales grandes e importantes que se interesaran por la institucionalización de la ciencia como valor social. No podemos hablar de movimiento científico en esos países en el sentido en que se presentó en Occidente. Hasta el punto de que existiera ese movimiento, se trataba siempre de un movimiento secundario, un trasplante de ideas extranjeras y papeles sociales, que solamente tenían raíces débiles en esas sociedades. Sin embargo, esos movimientos "secundarios" tuvieron éxito, hasta cierto punto, ya que los círculos intelectuales que abogaban por ellos consistían de personas importantes, poderosas y capaces (otros tuvieron escasas oportunidades para aprender algo relativo al estado de la ciencia y de la sociedad en Occidente). Tuvieron también éxito, debido a que las implicancias posibles de la ciencia para la tecnología (incluyendo la militar) constituían un argumento importante para todos los gobernantes.⁸

6 Al respecto véase Horacio Capel et al. *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*. Madrid: Ediciones del Serbal-CSIC, 1988.

7 Cfr. Juan Pimentel. *La física de la monarquía. Ciencia y política en el pensamiento colonial de Alejandro Malaspina (1754-1810)*. Madrid: Doce Calles, 1998, pp. 79-99.

8 Joseph Ben-David. *El papel de los científicos en la sociedad: un estudio comparativo*. México: Trillas, 1974, p. 110.

Entonces, a pesar de la condición marginal de España en cuanto al conocimiento de la ciencia, se desarrolló un interés por renovar y actualizar los saberes como ya hemos adelantado, que era característico de la filosofía natural moderna. Justamente por este motivo se hicieron esfuerzos por introducir la física newtoniana en los contenidos de enseñanza de las academias hispanas; no obstante, dicha decisión entró en conflicto con la filosofía escolástica predominante que era la aristotélica. Los grupos de religiosos y teólogos vieron con malos ojos la introducción de la moderna filosofía natural, en gran parte debido a que algunos planteamientos de la física newtoniana contradecían a la aristotélica, la cual era reconocida por la Iglesia católica como la física oficial. Es en este marco social e intelectual en el que se desarrolla la física en la Expedición Malaspina hacia finales del siglo XVIII en su viaje por el mundo.⁹

9 Cfr. Antonio Moreno. “Un obstáculo a remover: la física en la universidad”. Manuel Sellés et al (eds.). *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*. Madrid: Alianza Editorial, 1988, pp. 157-172.

Ahora bien, en relación con el desarrollo de esta ciencia como actividad científica, inserta en el derrotero malaspiniano, en este trabajo se propone que ésta tuvo una implicancia ideológica, práctica y teórica-experimental; fenómeno que se dio a partir de toda la travesía de la expedición por el Océano Atlántico y el Océano Pacífico. Los tres ejes temáticos ocurrieron de forma conjunta, pero para facilitar el análisis se prefirió abordarlos por separado.

Así, en el plano ideológico, recuérdese que los miembros que constituyeron la plana científica de la expedición, como los físicos, enfrentaron situaciones que superaron la pura práctica de la física como ciencia, incluyendo elementos ajenos a esta actividad intelectual de tipo político, económico y social. En este sentido, la física era considerada como un dispositivo cultural al servicio del Estado y la sociedad, ya que esta disciplina podía proporcionar a la Corona española dominación racional de las posiciones ultramarinas y constituirse como una forma de civilizar aquellos territorios en que la práctica de la ciencia ilustrada era desconocida; por ello, al suministrar información adecuada, se alcanzaba *ipso facto* un prestigio de tipo internacional debido a la benevolencia del Estado español con la ciencia.

En el plano práctico, en tanto, tuvo un perfil científico, basado principalmente en la medición y cuantificación de los estados de la materia en los lugares visitados utilizando modernos instrumentos de mensura, por lo cual se puede hablar de una ciencia cuantitativa y matemática fundamentada en la observación directa de los fenómenos de la naturaleza. Es decir, visto desde nuestra contemporaneidad la física desarrollada en la expedición obedeció al paradigma newtoniano de su tiempo y resolvió los enigmas bajo este prisma, con los instrumentos y las reglas propias de los miembros de su comunidad científica como diría Kuhn.¹⁰

El aspecto teórico-experimental, en este hito, está relacionado con la descripción y explicación de ciertos fenómenos que la naturaleza presentó durante el viaje, sumando a esto los experimentos físicos que se realizaron en algunos lugares específicos de América y otros. En lo que sigue, se analizarán estos tres ejes interpretativos.

La física como ideología

En la actualidad, algunos estudios epistemológicos cuestionan la supuesta imparcialidad de la ciencia como producto cultural, argumentando que “la idea de una ciencia neutra es una ficción, y es ficción interesada, que permite considerar científica una forma neutralizada y eufemística (y por lo tanto particularmente eficaz simbólicamente porque es particularmente desconocible) de la representación dominante del mundo social”.¹¹ Bajo esta perspectiva se considera que la ciencia puede ser utilizada para medios que no están necesariamente relacionados con la búsqueda de un conocimiento objetivo del mundo, sino que más bien es empleada para otro tipo de propósitos; es por esta razón que en este apartado se analizará la física como ideología.

Los discursos ideológicos por parte de las ciencias pueden ser considerados como aquellos “que se presentan como una representación adecuada del mundo, pero que tienen más un carácter de legitimación que un carácter únicamente descriptivo”,¹² por lo cual tienden a buscar otro tipo de

10 Thomas Kuhn. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE, 1982.

11 Pierre Bourdieu. *Los usos sociales de la ciencia*. Buenos Aires: Nueva Visión, 2000, p. 47.

12 Gérard Fourez. *La construcción del conocimiento científico. Sociología y ética de la ciencia*. Madrid: Narcea, 1994, p. 127.

motivaciones más allá del conocimiento. Estos discursos transmiten “una representación del mundo que tiene como efecto motivar a la gente, legitimar ciertas prácticas y enmascarar parte de los sesgos y criterios utilizados; o, lo que viene a ser igual, cuando su efecto es más reforzar la cohesión de un grupo que una descripción del mundo”.¹³ Además, la ciencia entendida como un conjunto coherente de ideas acerca del mundo puede ocultar otro tipo de intencionalidades, ya que “las ideas sirven bien a menudo para enmascarar con pretextos legitimadores los motivos reales de nuestras acciones. Esto es lo que tradicionalmente se denomina ‘racionalización’, y que en el plano de la acción colectiva lo llamamos ideología”.¹⁴

La ciencia puede definirse como un campo intelectual porque corresponde a un

espacio relativamente autónomo, ese microcosmos provisto de sus propias leyes. Si bien está sometido, como el macrocosmos a leyes sociales, éstas no son las mismas. Si bien nunca escapa del todo a las coacciones del macrocosmos, dispone de una autonomía parcial, más o menos marcada, con respecto a él.¹⁵

La física, en este caso, al ser objeto de un plano ideológico está al servicio de otros intereses más allá del propiamente científico, por lo que pierde su autonomía; así “la heteronomía de un campo se manifiesta esencialmente en el hecho de que los problemas exteriores, en especial los políticos, se expresan directamente en él”.¹⁶ Para la física en la Expedición Malaspina esta dinámica era notoria.

Malaspina, en una carta enviada a Antonio de Ulloa, señaló lo esencial que resultaba la práctica de dicha ciencia para la felicidad de la nación, indicando que “los objetos de Historia Natural; y antes de tratar de los que presenta en su seno la tierra, no desagradará á V.E. un pequeño examen de los que encierra el mar y pueden ser útiles, ó en general á los conocimientos físicos, ó en particular al aumento de la prosperidad nacional”.¹⁷

13 Ibid., p. 127. La cursiva es nuestra.

14 Jürgen Habermas. *Ciencia y técnica como ideología*. Madrid: Técno, 1984, p. 173.

15 Bourdieu, *op. cit.*, pp. 74-75.

16 Ibid., p. 76.

17 Alejandro Malaspina. *Viaje político-científico alrededor del mundo por las corbetas Descubierta y Atrevida al mando de los capitanes de navío D. Alejandro Malaspina y Don José de Bustamante y Guerra desde 1789 á 1794*. Madrid: Imprenta de la Viuda é Hijos de Abienzo, 1885, p. 7.

Al respecto, cabe destacar que en el siglo XVIII no había una clara distinción entre historia natural y física, como mencionó Horacio Capel: “desde el punto de vista culto pero no científico la distinción entre física e historia natural resultaba a veces difícil, y los autores usaban indistintamente las dos denominaciones”.¹⁸ Además en el siglo de la Ilustración “el estudio del territorio y en los programas ilustrados de educación popular, física, historia natural y geografía –además de la economía política– se combinaban de forma inextricable”.¹⁹ En una segunda carta dirigida nuevamente a Antonio de Ulloa, el navegante italiano repitió el tópico de la física en relación con la prosperidad de la nación, aunque en este caso destacó el rol del físico como encargado de dicha tarea y advirtió lo siguiente:

En el tiempo de mi demora en Lima no dejaré en aquellos diarios todo cuanto sea conducente á este punto importante; pero V.E. atravesó aquellas costas con todas las luces de un físico, y en aquellos mares poco trillados, de dicha ciencia, más bien de la mera práctica, han de esperarse los principios sólidos que afiancen el bienestar y la felicidad de los que habitan sus orillas.²⁰

La ciencia como portadora de la prosperidad y felicidad de los pueblos era parte de la mentalidad ilustrada de la época e “indudablemente no podía ser otra la consideración de que la ciencia sirviera para solucionar los problemas concretos de la sociedad india”.²¹ También la física debía transmitir un conocimiento cierto para ser aplicado al comercio el cual era una de las funciones fundamentales de las expediciones científicas, ya que, como indicó Malaspina en su discurso preliminar, para visitar “la mayor parte de nuestras colonias del mar Pacífico y franquear la navegación fácil de unas á otras: debíamos, si fuese posible, apurar los conocimientos físicos y astronómicos para vencer, ó los riesgos, ó la rutina de las especulaciones mercantiles”.²²

El conocimiento científico con fines económicos era una tónica dentro de las comisiones científicas, debido a

18 Horacio Capel. “Ramas en el árbol de la ciencia: Geografía, física e historia natural en las expediciones náuticas del XVIII”. Alejandro Díez et al (eds.). *De la ciencia ilustrada a la ciencia romántica: Actas de las II Jornadas sobre España y las expediciones científicas en América y Filipinas*. Madrid: Doce Calles, 1995, p. 519.

19 Idem.

20 Malaspina, *op. cit.*, p. 9.

21 Manuel Lucena. “Las expediciones científicas en la época de Carlos III”. Alejandro Díez et al (eds.). *La ciencia española en ultramar: Actas de las I Jornadas sobre España y las expediciones científicas en América y Filipinas*. Madrid: Doce Calles, 1991, p. 50.

22 Malaspina, *op. cit.*, p. 37.

23 Lucena, *op. cit.*, p. 53.

que se trataba de aprovechar a los científicos para que perfeccionasen el conocimiento de la Historia Natural (en todas sus facetas), a la par que recoger herbolarios y colecciones de los productos de la naturaleza, rectificar los errores en la Medicina y hallar elementos útiles para incrementar el comercio.²³

24 Malaspina, *op. cit.*, p. 183.

Para Malaspina esta disciplina debía traer bienestar y progreso no sólo al campo de las ciencias, sino también al nivel social, puesto que “la Física, la Mecánica, la medicina, divididas actualmente en otros muchos ramos secundarios, han multiplicado al mismo tiempo la ocupación útil de los sabios y sus inventos para el bien de la sociedad”.²⁴ Para lograr dicho cometido, el propio navegante italiano junto con su tripulación debían traer el conocimiento científico a tierras donde era desconocido:

25 *Ibid.*, p. 288.

el destino de los naturalistas era otro punto que debía ocuparnos seriamente; uno y otro igualmente infatigables, inteligentes y útiles hubieran al mismo tiempo sufrido inútilmente los trabajos de nuestras navegaciones próximas y sacrificando una estación entera, mientras las partes interiores de la América meridional estaban aún desconocidas para las ciencias físicas y particularmente para la botánica.²⁵

26 *Ibid.*, p. 657.

Este afán de llevar los progresos de la física a diferentes lugares se puede encontrar en otros miembros de la tripulación, como por ejemplo en José Espinosa y en Felipe Bauzá quienes realizaron un experimento con la velocidad del viento en Santiago de Chile cuando la expedición regresaba por las islas de Oceanía e hicieron constar que “por eso las han practicado en todos los tiempos, sujetos celosos de los progresos de la Física en general, y nosotros, animados del propio espíritu, hemos hecho las siguientes en el llano del Maipó en el Reino de Chile, donde no se había practicado hasta ahora”.²⁶

No sólo la ciencia en general y la física en particular eran utilizadas con motivos ideológicos y en búsqueda de un progreso material y cultu-

ral, también los mismos instrumentos científicos debían estar al servicio de la nación, ya que en palabras de Malaspina “una Oficialidad, activa, é Inteligente; y un Acopio de Istrumentos [sic], qual era nuestro podían muy bien combinar el, que explayásemos nuestros deseos de ser útiles a la Nación, con un Servicio no indiferente, a el qual no estavamos contraídos de antemano”.²⁷

La física entendida como una ciencia exacta matematizadora de la naturaleza y los navegantes que expandieron este tipo de conocimiento por todo el planeta fueron elementos importantes para el dominio mundial por parte de los Estados y monarquías europeas en el siglo XVIII, tal y como ya lo ha señalado el filósofo de las ciencias Gérard Fourez:

Lo que permitirá a los conquistadores dominar el Planeta es ese arte de la previsión, del cálculo, del dominio. Poco a poco, esa capacidad de los occidentales para ver el mundo independientemente de los sentimientos humanos, únicamente en función de sus proyectos de dominio, se revelará de una notable eficacia. Los navegantes serán capaces de transportar sus conocimientos de un sitio a otro. Su saber, por estar despojado de lo que es individual y local, se verá cada vez más como universal.²⁸

La ciencia como dominación fue parte del *ethos* de la Ilustración, por lo cual las expediciones científicas respondían a ese propósito; al respecto, Horkheimer y Adorno señalan que “el intelecto que vence a la superstición debe dominar sobre la naturaleza desencantada. El saber, que es poder, no conoce límites, ni en la esclavización de las criaturas ni en la condescendencia para con los señores del mundo”.²⁹ Con la práctica de la ciencia no sólo se buscaba el progreso material y social de la nación española a ambos lados del Océano Atlántico, también dentro de ésta, de la física en particular, había un elemento ideológico que consistía en encontrar la forma más racional de dominar política y económicamente las posiciones de ultramar, razón por la cual el imperio español por medio de las reformas borbónicas quiso implementar en América un nuevo sistema

27 Alejandro Malaspina. *Diario general del viaje*. Vol. 1. Barcelona: Ministerio de Defensa, 1987, p. 51.

28 Fourez, *op. cit.*, pp. 117-118.

29 Max Horkheimer y Theodor Adorno. *Dialéctica de la Ilustración: Fragmentos filosóficos*. Madrid: Trotta, 1994, p. 60.

de dominación más efectivo y eficiente basado en la modernización de las estructuras políticas y sociales. Es por esto que la Corona emprendió una serie de expediciones hacia el Nuevo Mundo teniendo en cuenta que los “hombres [que] quieren aprender de la naturaleza es servirse de ella para dominarla por completo, a ella y a los hombres”.³⁰ Así, la ciencia se acerca al poder político puesto que “proporciona conocimientos sobre la técnica que, mediante la previsión, sirve para dominar la vida, tanto las cosas externas como la propia conducta de los hombres [...] la ciencia proporciona métodos para pensar, instrumentos y disciplina para hacerlo”.³¹

30 *Idem.*

31 Max Weber. *El político y el científico*. Madrid: Alianza Editorial, 1967, p. 221.

La física además de ser un dispositivo intelectual para la dominación y el control político de la sociedad tiene un potencial cariz revolucionario, ya que puede cuestionar la naturaleza misma de las relaciones sociales y de poder en las sociedades tradicionales, siendo una posible influencia intelectual para las revoluciones atlánticas de finales del siglo XVIII y de inicios del XIX. Según Jürgen Habermas:

La física moderna es objeto de una lectura filosófica, que interpreta a la naturaleza y a la sociedad en complementariedad con las ciencias naturales; la física moderna indujo, por así decirlo, la imagen mecanicista del mundo del siglo XVII. En este marco se emprendió la reconstrucción del derecho natural clásico. Este derecho natural moderno fue el fundamento de las revoluciones burguesas de los siglos XVII, XVIII y XIX, por medio de las cuales las viejas legitimaciones del poder fueron definitivamente destruidas.³²

32 Habermas, *op. cit.*, p. 80.

El mismo Malaspina cuestionó la legitimación del imperio español en América y “sostenía que la identidad religiosa era el auténtico nexo entre la metrópoli y las colonias, destacando que la conservación de América fuese consecuencia del sistema político y militar impuesto”.³³ El navegante italiano “no sólo criticaba el régimen colonial, también reconocía en los americanos el derecho a participar en las decisiones de su propio destino”;³⁴ es así como Malaspina por medio de la ciencia despertó el

33 Rafael Sagredo y José Ignacio González. *La Expedición Malaspina en la frontera austral del imperio español*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 2004, p. 70.

34 *Ibid.*, p. 71.

interés de los americanos por el control de su destino, influenciándolos ideológicamente e incluso contribuyendo de forma intelectual e indirecta en el propio proceso de emancipación americana, como señala el historiador Rafael Sagredo al respecto: “Sus planteamientos, la propia experiencia de su viaje, el contacto con las elites criollas, la transmisión –inconsciente o no– de sus ideas, contribuyen a explicar el proceso de independencia americana”.³⁵

35 *Ibid.*, p. 72.

La física como práctica científica

La práctica científica de la física en la Expedición Malaspina –como anteriormente se expresó– se caracterizó por sobre todo realizar y cotejar mensuras de ciertos fenómenos naturales observados en el transcurso de la travesía (como por ejemplo el magnetismo, la gravedad, la temperatura y la presión barométrica) utilizando instrumentos construidos fuera de España. En palabras simples, la física instrumental que practicó la comisión científica se basó esencialmente en la cuantificación y en el cálculo mediante la observación directa de la materia, mediada por artefactos técnicos que permitían computar la realidad natural estudiada. Justamente, para la ejecución de todos estos trabajos de mensuración en las posesiones de ultramar de la Corona española, la Expedición Malaspina fue cuidadosamente preparada y equipada con sextantes, termómetros, telescopios y cronómetros encargados expresamente a Londres y París.³⁶

Así, lo que caracteriza a “la ciencia, en este caso en la Física, como conocimiento seguro, es la mensurabilidad puesta en la objetividad de la naturaleza y, de acuerdo con ello, en las posibilidades del proceder mensurante”.³⁷ Además, la matematización de la naturaleza permite en la física “la confirmación de la objetividad normativa para la teoría de la naturaleza, objetividad según la cual la naturaleza representa para el concebir un sistema espacio-temporal de movimientos de alguna manera precalculables”.³⁸ La física como ciencia exacta y matemática no busca un conocimiento neutro de lo natural porque “la materia debe ser dominada por fin

36 Cfr. María Pilar de San Pío. *Expediciones españolas del siglo XVIII*. Madrid: Mapfre, 1992, p. 196.

37 Martin Heidegger. *Filosofía, ciencia y técnica*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 2007, p. 172.

38 *Idem.*

sin la ilusión de fuerzas superiores o inmanentes, de cualidades ocultas. Lo que no se doblega al criterio del cálculo y la utilidad es sospechoso para la Ilustración”.³⁹ Sin embargo, ésta no sólo apunta a dominar la naturaleza, puesto que el cálculo es “cada vez más utilitario, para dominar el mundo y organizarlo mejor”,⁴⁰ también contiene elementos ideológicos y de dominación política y social, como señaló Max Weber:

39 Horkheimer y Adorno, *op. cit.*, p. 62.

40 Fourez, *op. cit.*, p. 118.

La intelectualización y racionalización crecientes *no* significan pues, un creciente conocimiento general de las condiciones generales de nuestra vida. Su significado es muy distinto; significan que se sabe o se cree que en cualquier momento en que *quiera se puede* llegar a saber que, por tanto, no existen en torno a nuestra vida poderes ocultos e imprevisibles, sino que, por el contrario, todo puede ser *dominado mediante el cálculo y la previsión*.⁴¹

41 Weber, *op. cit.*, pp. 199-200.

Un elemento clave de la física moderna es el uso de instrumentos científicos, ya que por medio de estos se pueden obtener datos exactos y confiables sobre la naturaleza. Este tipo de artefactos se diferencian de las herramientas fundamentalmente en que

una herramienta, es decir algo que, como ya lo había visto el pensamiento antiguo, prolonga y refuerza la acción de nuestros miembros, de nuestros órganos de los sentidos, algo que pertenece al mundo del sentido común. Y que nunca puede hacer que lo sobrepasemos. Lo que, en compensación, es la función propia del instrumento que, efectivamente no es una prolongación del sentido sino encarnación del espíritu, materialización del pensamiento, en la aceptación más fuerte y más literal del término.⁴²

42 Alexandre Koyré. *Pensar la ciencia*. Barcelona: Paidós, 1994, p. 132.

43 *Ibid.*, p. 133.

44 *Idem.*

Además, los instrumentos son necesarios para “medir primero y calcular a continuación”,⁴³ ya que esto posibilita “darles una forma precisa, una forma geométrica exactamente definida”⁴⁴ a los fenómenos observados para

así obtener una medida satisfactoria del objeto de estudio. Los instrumentos que portó la Expedición Malaspina fueron

dos higrómetros de la mejor construcción, un termómetro [...] para medir la temperatura del mar, un aerómetro de M. Perica, una balanza hidrostática portátil y de la construcción más simple, un termómetro de Dollond, una escafandra o traje de baño de corcho, la colección de instrumentos meteorológicos de Manheim, un goniómetro de bolsillo, un eudiómetro, y dos pistolas de aire.⁴⁵

Estos instrumentos proporcionaron a Malaspina y su tripulación de científicos los elementos necesarios para practicar la física en su derrotero por el Océano Atlántico y el Océano Pacífico, destacando los trabajos con los péndulos (de tiempo y gravitacional), la medición de la presión y de la temperatura atmosférica y la determinación de la variación magnética en alta mar.

Trabajos con los péndulos

La Expedición Malaspina empleó dos tipos de péndulos para tareas científicas específicas y diferenciadas. El primer péndulo era isocrónico o para medir el tiempo y el segundo era gravitacional, el cual proporcionaba información acerca de la variación o diferenciación de la gravedad de acuerdo con el lugar en que se utilizaba. El descubrimiento del isocronismo del péndulo se atribuye a Galileo, quien determinó “el fenómeno por el cual un péndulo oscila libremente recorre arcos decrecientes en tiempos (casi) constantes”.⁴⁶ La tripulación de la expedición usó el péndulo isocrónico para determinar el horario y calibrar los cronómetros y relojes, tal como lo hizo en su estadía en Chiloé:

Como los Tiempos continuasen bastante despejados; y los Vientos galenos SO. nos ocupamos con teson entrambas Corvetas de la Determinación de la Marcha de nuestros Reloxes por medio de las Alturas Corres-

45 Virginia González Claverán. *La expedición científica de Malaspina en Nueva España (1789-1794)*. México: El Colegio de México, 1988, pp. 251-252.

46 Bernard Cohen. *Revolución en la ciencia*. Barcelona: Gedisa, 1989, p. 132.

47 Malaspina, *Diario General...*, op. cit., p. 114.

pondientes en el Péndulo, comparadas luego a medio día a los Reloxes por medio de pistoletazos.⁴⁷

El péndulo permitía a la tripulación coordinar las actividades científicas de ambas corbetas con el tiempo registrado en los relojes y cronómetros marinos. Incluso en ocasiones empleaban disparos con pistolas para regular los tiempos de observación:

En el mismo paraje en donde se había observado las primeras Alturas, se colocó después la Tienda de Observatorio, y se le acercó con un Recinto de Caña, tomando la precaución, que un Soldado de Marina en las horas del día, y uno de la Plaza en las de la noche, vigilase sobre la seguridad del Quarto de Circulo, y del Pendulo: Don N. Elizalde, cuya Casa estaba bien inmediata [sic] nos franqueó a el mismo tiempo los Quartos oportunos para que asistiésemos con la mayor comodidad a el Dibujo, a la Pintura, y a todos los demás Ramos de la Istoria Natural, si también un Balcón, por medio del qual los Pistoletazos de Comparacion indicasen a el medio día a ambos Buques las horas del Pendulo.⁴⁸

48 Ibid., p. 191.

También el péndulo se utilizó en actividades relacionadas con la determinación de la longitud a partir del uso de cronómetros náuticos, tal y como Malaspina lo detalló a continuación:

Nos había sido preciso abandonar las esperanzas de valernos del péndulo astronómico, cuya marcha resultaba con exceso irregular y sujeta á diferentes paradas, pero se le sustituyó el relój 105 de la Atrevida, al cual se agregó luego el cronómetro 72 para las experiencias del péndulo simple, no omitiendo además la precaución de sujetarlos con los demás relojes por medio de señales para que lograsen aquellas experiencias toda la exactitud que estaba á nuestro alcance.⁴⁹

49 Malaspina, *Viaje político-científico...*, op. cit., p. 240.

A pesar de que los instrumentos de la expedición científica fueron contruidos por destacados artesanos dedicados a los instrumentos científicos, éstos en ocasiones demostraron que eran imprecisos, como lo indicó Malaspina. Los trabajos para determinar la longitud eran esenciales para la política imperial española, ya que a partir de la exactitud de estos datos se podían construir cartas de navegación precisas útiles para el comercio ultramarino.

El péndulo gravitacional tenía como función primordial determinar la forma exacta de la Tierra, puesto que “en la época en que Malaspina emprendió su exploración, el enigma de cuál era la forma exacta de nuestro planeta seguía sin resolverse del todo. Más aún, esta incertidumbre rebasó el siglo ilustrado”.⁵⁰ Los trabajos para determinar la forma de la Tierra al medir la variación en la gravedad se realizaron por vez primera en Nuevo México, debido a la demora en la fabricación del instrumental especializado; Virginia González Claverán señaló al respecto:

Los científicos de la Expedición Malaspina no pudieron utilizar el recién adquirido péndulo destinado a las investigaciones geodésicas en el puerto de Cádiz. Espinoza y Tello lo deploró mucho, pero se recibió apenas unos días antes de que él y Cevallos zarparan rumbo a nuestro país [México], de modo que funcionó por primera vez en Nueva España, en donde fue llevado de un lado a otro del territorio a lomo de mula ya que lo trasladaron desde el puerto jarocho hasta San Blas, pasando por México y Acapulco.⁵¹

Una de las primeras experiencias para determinar la gravedad fue en la zona de Nutka, una región de alta latitud ubicada en Norteamérica en la costa del Océano Pacífico, porque para un mejor registro de las diferencias de gravedad sobre la Tierra se deben hacer mediciones en puntos extremos y alejados, como indicó Malaspina en su diario de viaje: “en el observatorio, además del examen de la marcha de los relojes marinos y de las experiencias con el péndulo simple, constante para la gravedad”.⁵² El

50 González Claverán, *op. cit.*, p. 268.

51 *Idem.*

52 Malaspina, *Viaje político-científico...*, *op. cit.*, p. 191.

53 *Ibid.*, p. 212.

navegante italiano también señaló que se utilizó más de un péndulo para realizar estas tareas y que se “habían dispuesto los péndulos para las experiencias con la gravedad”.⁵³ Hay que recordar que las embarcaciones poseían un péndulo simple y uno astronómico, por lo tanto podían emplear uno o ambos para dichos trabajos. Como ya se señaló los experimentos con el péndulo se debían realizar en lugares extremos, por esta razón la tripulación científica de la *Atrevida* hizo algunas observaciones de este tipo en su visita a Filipinas, la cual se encuentra en la zona de los trópicos y por consiguiente cerca del Ecuador terrestre. En el diario de viaje se aludió lo siguiente: “siendo entre estas muy esenciales las de proporcionarnos una casa cómoda para establecer nuestro observatorio en donde verificamos las experiencias de la gravedad, el objeto principal de nuestro destino”.⁵⁴

54 *Ibid.*, p. 222.

Pero a pesar del uso frecuente de los instrumentos de precisión, hubo ocasiones en que no se pudieron llevar a cabo las experiencias: ora por la crudeza del clima, ora por el cansancio de la tripulación o por lo extenuante de las actividades científicas, como lo explicó Malaspina: “debimos pues desistir de la idea de repetir las experiencias de la gravedad en el fondeadero del Año Nuevo, pues que la debilidad y natural cansancio de las tripulaciones iban en mucho aumento”.⁵⁵ La conclusión a la que arribaron Malaspina y los otros científicos de la expedición fue la siguiente:

55 *Ibid.*, p. 299.

No se descuidaron después tampoco las experiencias de la gravedad en el péndulo simple, y comparándolas el Teniente de navío D. Ciriaco Cevallos, con las de los demás que se habían hecho en uno y otro hemisferio, confirmaron lo que había sospechado el Abate Lacaille, esto es, que había una mayor gravedad en el hemisferio austral que en el boreal, y por consiguiente, que no debían suponerse los dos hemisferios tan simétricos como se había imaginado hasta entonces.⁵⁶

56 *Ibid.*, p. 329.

Presión y temperatura atmosférica

La presión atmosférica se midió con el barómetro, el cual fue usado por los oficiales de la expedición:

Tanto Pineda como los marinos oficiales se encargaron de realizar estos estudios, dotados de barómetros de Megn y quizá de otros tipos; el registro de la presión atmosférica durante la navegación era esencial, pues de esta manera se estaba al tanto de los cambios climáticos del momento y de los venideros y podían tomarse a bordo algunas medidas previsoras o de seguridad. Aunque los oficiales de la “Descubierta” y la “Atrevida” creían que, en realidad, el barómetro servía más bien para pronosticar el tiempo bueno que el malo, así que tampoco se podían fiar o basar en las solas indicaciones del barómetro para tomar tal o cual decisión marinera.⁵⁷

57 González Claverán, *op. cit.*, p. 259.

El barómetro facilitaba la identificación del “buen tiempo” atmosférico sobre todo en alta mar, así en el rumbo hacia Montevideo éste fue clave para avizorar la llegada del “mal tiempo”: “El Tiempo, aunque favorable, indicava nueva Crisis muy próxima, así por la suma pesadez de la Atmósfera, como por la misma Variedad en la fuerza del Viento; que en las ultimas horas de la noche calmó quasi [sic] de un todo, y aun roló a el SE, y SSE: Cesaron los anuncios del Barometro”.⁵⁸

58 Malaspina, *Diario general...*, *op. cit.*, p. 30.

Este instrumento servía para planificar en alta mar porque podía advertir la cercanía de alguna tormenta o tempestad, tal y como lo explicó Malaspina en su diario de viaje:

Con la tarde fue refrescando mucho el Viento; y una densa Atmosfera cuyo mismo Peso indicaba el Barometro Marino con haver bajado de una línea, nos anunciava que era preciso algún cuidado con el Aparejo. En efecto a el anochecer empezó el tiempo con fuertes Rafagas, y Mar muy gruesa del NE. Con Trinquete, Gavias y Juanetes logramos dar a la Corveta una Salida de doce millas comunes: Luego nos fue preciso aferrar

59 *Ibid.*, p. 29.

los juanetes, hasta que a las once de la noche, tornado el tiempo mucho mejor Semblante pudimos nuevamente forzar de Vela, y lo advertimos con la Señal correspondiente a la *Atrevida*.⁵⁹

60 Malaspina, *Viaje político-científico...*, *op. cit.*, p. 234.

61 *Ibid.*, p. 392.

62 González Claverán, *op. cit.*, p. 262.

Algunos trabajos con la presión atmosférica estuvieron acompañados con la medición de la temperatura, como sucedió, por ejemplo, en el archipiélago de las Filipinas donde “en esta extraña región que se compiten los peligros y los placeres, el barómetro se fijó en el paraje más elevado en 24 pulgadas, seis líneas y 1/13 sin que termómetro pasase los 18° en la escala de Reaumur”.⁶⁰ Como unidad métrica de presión se utilizó preferentemente la pulgada inglesa: “Pero el anuncio infalible le da al barómetro descendiendo á 29 pulgadas 80, de 30 pulgadas 20 medida de Inglaterra que es su estado regular en este clima en tiempos buenos”.⁶¹ Cabe destacar que en la actualidad la medida estandarizada para registrar la presión atmosférica son los milibares de mercurio. Además, “la obtención de datos sobre la presión atmosférica se aplica para conocer el estado del medio ambiente y pronosticar cambios meteorológicos, así como para determinar la altitud de un lugar”,⁶² de esta forma, en Santiago de Chile se utilizó el barómetro para determinar la elevación del terreno en la ciudad:

63 Malaspina, *Diario general...*, *op. cit.*, p. 139.

Intentavamos también por medio del Barometro del Sr. Magallanes, examinar la elevación del Terreno de Santiago, y aun en los Montes inmediatos [*sic*]: Tuvimos la desgracia, de que se nos rompiese a el tiempo de conducirlo a la Capital y fueron por consiguiente infructuosas las Observaciones correspondientes, que se seguían a la Orilla de la Mar en Valparaíso: De qualquier modo no deve quedar duda, que aquel Terreno está elevado considerablemente sobre el Nivel del Mar. El Mercurio en el Barometro lo denota con claridad, y el Camino lo ratifica.⁶³

64 González Claverán, *op. cit.*, p. 253.

La temperatura, en tanto, era calculada por Antonio Pineda, quien “usaba termómetros tanto con la escala de Reaumur como con la de Fahrenheit”.⁶⁴ Pineda empleó la escala Réaumur en el archipiélago de las

Filipinas, señalando que: “Debía á la verdad oponerse á este proyecto el calor excesivo que manteniendo el termómetro en altura de 24 á 25° en la escala de Reaumur”,⁶⁵ mientras que la escala Fahrenheit la utilizó en el regreso de la expedición por el Pacífico sur con rumbo a América: “Conociendo ya el temperamento de estas costas en el rigor del invierno y las causas físicas que debían hacerle bien frío en la actual estación, no debimos extrañar que el termómetro de Farenheit puesto al aire libre se mantuviese en los 60 y 61°”.⁶⁶

En la comisión científica se tomaba “la temperatura a diferentes horas del día, desde muy temprano, al mediodía, por la tarde o ya bien entrada la noche”,⁶⁷ pero uno de los problemas de estas mediciones de temperatura es que en el diario de viaje no se diferenció una unidad de medida de calor de la otra y en ocasiones simplemente se omitieron, tal como se puede advertir a continuación: “Por fortuna no nos había alcanzado aún las lluvias ni las calmas, y sin embargo veíamos el termómetro en los 85 y 90° al aire libre, y las consecuencias de un calor tan excesivo no podía ser sino funestas”.⁶⁸ Otros instrumentos físicos con fines meteorológicos que se emplearon fueron el eudiómetro y el higrómetro (tal vez en menor medida que el termómetro o el barómetro, aunque esto no se puede aseverar de forma categórica porque a pesar de que estos instrumentos se nombran poco en el diario de viaje, eso no asegura que su uso haya sido esporádico); el primero es un dispositivo que contiene gases y permitía hacer experimentos sobre la salubridad del aire, mientras que el segundo es usado para medir la humedad ambiental. El eudiómetro se utilizó en alta mar cerca de las islas de Cabo Verde, indicando que: “Ni debimos tampoco descuidar una nueva repetición de las experiencias eudiométricas, la cual manifestase hasta donde serán útiles estos datos en lo venidero para juzgar de la atmósfera interior de un buque”.⁶⁹ Mientras que el higrómetro se empleó en Filipinas, donde “los pueblos de Aparri y Banqui, apenas le permitieron algunas observaciones ligeras. Este último, en donde llueve lo más del año y hay seis meses en que no cesa, goza de un temple tan húmedo que el higrómetro indicaba 6° más que en los pueblos anteriores”.⁷⁰

65 Malaspina, *Viaje político-científico...*, op. cit., p. 232.

66 *Ibid.*, p. 286.

67 González Claverán, op. cit., p. 253.

68 Malaspina, *Viaje político-científico...*, op. cit., p. 198.

69 *Ibid.*, p. 336.

70 *Ibid.*, pp. 235-236.

Variación magnética

Los primeros estudios científicos acerca del magnetismo terrestre datan del siglo xvii con el inglés William Gilbert, para quien “la nueva filosofía natural era el magnetismo, y el título [de su obra] informaba al lector que Gilbert indagaba en el imán o magneto (*de magnete*) o calamita, en los ‘cuerpos magnéticos’ (como hierro imantado) y también en ‘ese gran imán, la Tierra’”.⁷¹

71 Cohen, *op. cit.*, p. 130.

La variación magnética se calculaba por medio de la aguja náutica, la cual “consistía en una caja de madera torneada llamada ‘mortero’, con un estilete o mástil fijado perpendicularmente en su fondo, sobre el que se situaba la aguja y, fija a ella, la rosa, de modo que pudiesen pivotar libremente y con facilidad”.⁷² La aguja náutica fue modificada a partir de los siglos xvii y xviii y consistió en “la adopción de un eje para evitar que la aguja estuviese suelta, su colocación sobre un limbo, la división de éste en grados y la aplicación de la rosa de los vientos”.⁷³ La variación magnética fue un problema constante para los marinos, sobre todo por las complicaciones que tenían en alta mar con la aguja. Por lo cual, los navegantes

72 Manuel Sellés. *Instrumentos de navegación. Del Mediterráneo al Pacífico*. Barcelona: Lunwerg Editores, 1994, p. 87.

73 Francisco José González. *Astronomía y navegación en España. Siglos xvi-xviii*. Madrid: Mapfre, 1992, p. 64.

se limitaron a corregir la desviación de la aguja magnética, sin que ésta llegase a servirles de ayuda alguna para determinar mejor su posición. Tales medidas, sin embargo, por más que no se abandonase la idea de su empleo en el mar por los sabios de tierra adentro, resultaban una importante aportación para los estudios geomagnéticos.⁷⁴

74 Sellés, *op. cit.*, p. 87.

En relación con la determinación de la variación magnética en general no hubo problemas al momento de calcularla, como sucedió en el transcurso de la expedición por la zona austral de América. Así, por ejemplo, en la Isla de los Reyes, los científicos acotaron “la Auja: Variacion Observada en la misma tarde por diferentes Azimutes NE. 20° 4’”.⁷⁵ La jornada siguiente, las “series de Azimutes dieron por la mañana 23 ½, y 22 ½ grados de Variacion al NE”.⁷⁶ Al anochecer la “Variacion de la Auja por la Auja por la Amplitud Occidua fue de 23° 10’”.⁷⁷

75 Malaspina, *Diario general...*, *op. cit.*, p. 86.

76 *Idem.*

77 *Ibid.*, p. 87.

Las isógonas en la variación magnética no presentan un patrón regular, en cambio, sí se puede establecer en otro tipo de isolíneas como por ejemplo la isobaras o isotermas. Asimismo presenta la dificultad de registrar la declinación azimutal en algunas ocasiones, ya que ésta puede variar según la temperatura, la hora del día y la disposición geográfica de los accidentes como montes, colinas o valles. La presencia de altas concentraciones de hierro o magnetita podían afectar a la aguja magnética causando desajustes en los cálculos y la determinación angular del norte magnético. A pesar de que por lo general Malaspina y su tripulación de científicos no tuvieron problemas al momento de medir la variación magnética, en algunas situaciones puntuales hubo inconvenientes en su cálculo. Uno de estos momentos fue en la isla San Ambrosio, como el mismo navegante italiano informó “La Variacion Magnetica ha quedado algo dudosa; pues o fuese casualidad, o realmente efecto de las muchas Particulas Ferruginosas contenidas en la Masa de la Isla Grande no tuvimos sinó 8° 5’ de Variación NE”.⁷⁸

78 Ibid., p. 162.

Como anteriormente se hizo alusión, la geografía del lugar también puede acarrear dificultades en la determinación de la amplitud azimutal, especialmente los montes. En la expedición, por ejemplo, se pudo evidenciar este efecto: “Y manifestando el azimute meridiano una variación de 34°, que muy extraña si se comparase á las demás, debía sin duda atribuirse á un efecto extraordinario de la atracción de los montes inmediatos”.⁷⁹ La exactitud de este instrumento podía ser tal que había certeza de los datos que se estaban tomando e incluso proporcionaba algún conocimiento extra sobre el magnetismo terrestre, tal como lo demostró José Espinoza y Tello en la estadía de la expedición en Nueva España:

79 Malaspina, *Viaje político-científico...*, op. cit., p. 154.

La variación de la aguja va disminuyendo al paso que se aumenta de longitud, pero no guarda una ley uniforme que pueda servir de luz para rectificarla. Sin embargo, á quien carezca de mejores datos le puede ser de alguna utilidad la noticia de que por latitud de 21° y longitud de 52° 30’ coincidía en 1790 el meridiano magnético con el meridiano verdadero.⁸⁰

80 Ibid., p. 389.

Cabe destacar que la variación magnética generalmente se registraba en alta mar.

Física teórico-experimental

Se llamará física teórica a aquellas explicaciones de ciertos fenómenos naturales relacionados con esta ciencia, ya sean mareas, estados de la materia u otro tipo de aclaración frente alguna interrogante que presentó la naturaleza en el derrotero de la expedición. En este sentido, la teoría debe estar relacionada con lo real, como indicó Martin Heidegger al respecto:

Si traducimos "Theorie" por "contemplación", entonces damos a la palabra "contemplación" otra significación, no arbitrariamente inventada, sino la originariamente enraizada en ella. Si tomamos en serio lo que nombra la palabra alemana "Betrachtung" [contemplación] entonces reconocemos lo nuevo en la esencia de la ciencia moderna en cuanto teoría de lo real.⁸¹

81 Heidegger, *op. cit.*, p. 169.

Mientras que la física experimental se relaciona con la creación de experiencias que reproduzcan algunos fenómenos de forma artificial y de esta forma sacar algunas conclusiones, esta sería "fruto del Renacimiento, el segundo gran instrumento del trabajo científico: el experimento racional como medio de una experiencia controlada y digna de confianza, sin la cual no sería posible la ciencia empírica actual".⁸²

82 Weber, *op. cit.*, pp. 203-204.

Uno de los elementos esenciales para una buena navegación es determinar las mareas, sobre todo su ciclo y naturaleza. Esta inquietud se solucionó por medio de la mecánica newtoniana en el siglo XVII, a partir de la teoría de la gravitación universal que "muestra que una fuerza universal mantiene a los planetas en sus órbitas alrededor del Sol, retiene los satélites en sus órbitas, ocasiona que los objetos en caída descendan como se ha observado, retiene a los objetos sobre la Tierra y origina las mareas".⁸³

83 Bernard Cohen. *El nacimiento de la nueva física*. Madrid: Alianza Editorial, 1989, p. 169.

Espinoza y Tello hizo referencia a este fenómeno en el momento en que la expedición se encontraba en Nueva España: “El flujo y reflujo no guarda regularidad, ni en su duración, ni en su retardo de uno ú otro, notándose á veces dos en veinticuatro horas, y por lo común sólo uno. Hacia los equinoccios y solsticios ascienden las mareas de tres á tres y medio piés, y de dos á dos y medio en las demás zizigies”.⁸⁴

84 Malaspina, *Viaje político-científico...*, op. cit., p. 392.

Malaspina también analizó la influencia del frío en el solevantamiento del territorio en su campaña expedicionaria por el norte de América, señalando para las islas del Océano Pacífico:

No siempre las partes más salientes de la costa se componen en este dilatado Archipiélago de islotillos frondosos y destacados, como al Sur de la entrada de la Cruz, al Norte de la Fuca y probablemente en los canales de la Princesa Real: otras veces como al pié del monte San Jacinto, en la entrada de Bucareli y en los extremos de las Islas de la Reina Carlota, se elevan desde la misma orilla algunos montes, los cuales, si bien sean también parte de otras islas y no carezcan de una frondosidad lozana, deben, sin embargo, causar un mayor grado del frío, así por su natural posición en paralelos más altos, como por la duración del hielo que ha de dilatar con su misma elevación.⁸⁵

85 *Ibid.*, p. 352.

Malaspina atribuyó parte de la elevación al hielo, producto de la disminución de la temperatura en zonas de altas latitudes, por lo que consideró que la latitud era un elemento fundamental para dicho solevantamiento. Además, el navegante italiano logró explicar la rarefacción de la atmósfera por la diferencia de presión, tomando como indicio las ventolinas y brisas que detectó en alta mar: “A pocas horas de calma por la tarde sucedieron ventolinas del cuarto cuadrante, la atmósfera cargada sumamente de calma representaba á los astros con una grande rarefacción aparente, señal que rara vez se advierte cuando soplan las brisas y casi es inseparable de las bonanzas”.⁸⁶

86 *Ibid.*, p. 220.

87 Al respecto de este experimento, véase en detalle el reciente estudio de Trinidad Larraín Donoso. “Práctica científica en América meridional. Experiencias sobre la velocidad del sonido en Santiago de Chile a fines del siglo XVIII”. *Revista de Geografía Norte Grande*. Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, núm. 56, 2013, pp. 189-206.

Uno de los experimentos que realizó la expedición fue con la velocidad del sonido. Éste fue efectuado por José Espinoza y Tello y Felipe Bauzá en Santiago de Chile en una hacienda aledaña a la ciudad.⁸⁷ A continuación se presenta una explicación detallada de cómo se elaboró dicha experiencia:

Toda la observación se funda en el principio siguiente. Cuando se ve la explosión de un arma de fuego á alguna distancia, percibe la vista la luz de la pólvora inflamada mucho tiempo antes que se oiga el sonido, y como la luz se propaga con tanta rapidez que no tarda dos segundos en venir de la Luna a la Tierra, puede decirse que la vista que la percibe en el mismo momento que sale del cuerpo sonoro, en vez que el estrépito producido al propio tiempo por éste, emplea en llegar al órgano del oído un tiempo sensible y determinado. Luego midiendo con precisión este tiempo y la distancia del observador al sitio donde se produce el sonido, se sabrá la velocidad actual de éste: para la medida de éste nos valimos de dos buenos relojes de segundos, ajustados al movimiento medio por observación del Sol, y comparados frecuentemente á dos péndulos de medios segundos que construimos, y usamos ya uno ya otro de estos instrumentos en las experiencias, para que fuesen más independientes los resultados. Con esta mira, las repetimos en varias direcciones y á diversas distancias desde dos hasta ocho millas, trasladándonos á los puntos *C, D, E, F*, cuyas posiciones hallamos respecto al punto *B* del modo siguiente: En el paraje que llaman el Conventillo se midió la base *AB*, de 2 900 piés de París. Sobre un terreno perfectamente horizontal que ofrece el llano de Maipó por esta parte, se había alineado de antemano la distancia por medio de jalones verticales colocados de 10 en 10 toesas, enfilándolos unos por otros y con dos perchas perpendiculares que servían de señales en los extremos *A* y *B* de la base en dichos puntos, de 10 en 10 toesas se clavaron estaquillas de un pié, y puestas sus cabezas á cuatro pulgadas de altura, se hizo firme á la primera un cordel, pasándole bien tirante de unas en otras, y así quedó determinada una línea paralela á la del terreno; para medirla nos servimos de tres perchas de á tres pulgadas de

grueso y nueve piés de largo cada una: la operación era facilísima, pues bastara poner las perchas sobre el terreno cuidando de ajustar sus aristas al cordel con auxilio de pequeñas cuñas, y adelantar siempre la percha más inmediata al principio de la cuenta, poniéndola con precaución para evitar todo retroceso en las fijas. Con estas atenciones se midió por dos veces la base en sentidos opuestos, y sólo hubo seis pulgadas de diferencia. Para tomar los ángulos, empleamos un buen teodolito y aunque no nos aseguramos de su exactitud, midiendo el contorno del horizonte subdividido en varios ángulos, cuya suma fue siempre igual á cuatro rectos, no se excusó la observación del tercer ángulo en todos los triángulos en que lo permitió el terreno. La figura manifiesta la situación ventajosa de la base medida y de las distancias que por ella se concluyeron, y han dado á los puntos *C, D, E, F* del llano al *B* de la base.⁸⁸

88 *Ibid.*, pp. 657-658.

La velocidad del sonido se puede representar como un vector y a partir de este símbolo se pueden establecer triángulos que permiten sumar los vectores para así obtener la velocidad resultante a partir de los ángulos que forman los vértices mediante operaciones trigonométricas. Según Espinoza y Bauzá “todas las experiencias que anteceden son de entera confianza, y examinándolas con cuidado, se vé que la determinación del tiempo cabe cuando más medio segundo de error, que repartido en el número de las hechas en cada lugar, es un error despreciable”.⁸⁹

89 *Ibid.*, p. 659.

Aparentemente el error no fue muy grande y podía ser corregido; este tipo de experimentos no se sabe si fueron realizados en otros lugares donde estuvo de paso la expedición, pero según los productores de éstos convenía “repetir todavía algunas experiencias en varios lugares, y hacer un análisis reflexivo de las que hay, para todo lo que tenemos muchos materiales preparados que ordenaremos con gusto si la superioridad aprobarse este trabajo”.⁹⁰ Además se llevaron a cabo otro tipo de experiencias, como por ejemplo con la temperatura del mar realizada por Antonio Pineda, quien se caracterizó por “servirse de utensilios de la vida diaria y otros

90 *Ibid.*, p. 657.

91 González Claverán, *op. cit.*, p. 254.

efectos para llevar a cabo sus observaciones científicas”.⁹¹ Según Malaspina, Pineda efectuó lo siguiente:

Atento siempre D. Antonio Pineda á quanto puede cooperar á los progresos de sus ciencias favoritas, había sacado de la calma de la misma mañana otras dos ventajas; la una, en conseguir que un botecillo nuestro le cogiese dos Galeras *Holothuria phisalis*, de Linneo, que inmediatamente sujetó al más prolijo examen: la otra, en experimentar por primera vez un vaso de su invención para sacar el agua de mar á una profundidad determinada. Aunque esta no se sacase sino á diez brazas debajo de la superficie, dio no obstante medio grado de diferencia de temperamento, sumergido inmediatamente en una y otra el termómetro de Farenheit.⁹²

92 Malaspina, *Viaje político-científico...*, *op. cit.*, p. 55.

No sólo con los experimentos se estableció la temperatura de ciertos cuerpos, sino que también se verificó el estado de la materia, como por ejemplo la dulcificación del agua:

Más importantes debían parecernos aún las experiencias de los alambiques para dulcificar el agua, los cuales bien sea por la poca necesidad que habíamos tenido, ó por la demasiada estrechez del buque aún no se había podido sujetar á un ensayo formal el cual nos diese lugar á conocer la máxima cantidad que pudiese conseguirse con el menor consumo de leña. Desde luego el destilador aplicado al recipiente lateral, al caldero, y único para el uso diario mientras se cociese la comida, no excedió en mucho los resultados que habíamos conseguido las demás veces: no fué necesario aumento alguno de leña: el agua destilada en cuatro horas no excedió de 64 cuartillos. Pero luego que concluida la comida de la tripulación pudimos aplicar al caldero el otro destilador y hacer que trabajasen los dos á la vez por el espacio de cinco horas y media, la cantidad de agua destilada en este plazo, con el sólo consumo de dos quintales de leña no fue menor de 189 cuartillos, siendo digno de reparo que la porción de agua suministrada por el destilador del caldero exce-

día á la otra en mucho; probablemente por las dos causas de ser menor este recipiente, y de usarse de la manguera para producción de agua fresca condensadamente en lugar del embudo y llave del refrigerio, que á imitación de la máquina del navío *San Sebastián* habíamos puesto en el alambique del uso diario.⁹³

93 *Ibid.*, pp. 336-337.

Puede observarse que para los experimentos elaborados a bordo de la embarcación se emplearon elementos y utensilios de uso común como vasos, calderas y alambiques, pero también se mandaron a construir otros, como por ejemplo un pararrayos. Cabe destacar que los experimentos con el pararrayos fueron ideados por Benjamín Franklin en el siglo XVIII, quien “se basó en los descubrimientos que había hecho en electricidad. Sus investigaciones sobre los rayos y la electricidad tuvieron así el efecto inmediato de disminuir los terrores del hombre y de ayudarle a proteger sus edificios y sus barcos”.⁹⁴ Malaspina en una carta dirigida al ingeniero Muñoz pidió algunas recomendaciones acerca de la instalación de un pararrayos en ambas corbetas, señalando que:

94 Bernard Cohen. Benjamin Franklin. Su aportación a la tradición Norteamericana. México: Herre- ro, 1965, p. 177.

Combinando el espíritu de la última Real orden sobre el establecimiento de pararrayos á bordo de los buques de S.M., con lo que han escrito y experimentado los físicos y con las últimas lecciones de Mr. Le Roi, oídas en París por los Sres. De Ureña y Betancourt, he podido deducir para las corbetas Descubierta y Atrevida [...] ⁹⁵

95 Malaspina, *Viaje político-científico...*, op. cit., p. 21.

En el resto de la misiva, el navegante italiano señaló los materiales con los cuales iba a estar compuesto el pararrayos; lo interesante es que el propio Malaspina no dejó constancia de si se le dio uso a dicho artefacto, ya que en su diario general de viaje no se advierte que éste haya sido utilizado en alguna tormenta eléctrica durante su travesía o si efectivamente se instaló este artilugio en ambas corbetas.

A modo de conclusión

En virtud de lo anterior, creemos haber demostrado que la física en la Expedición Malaspina fue una ciencia que tuvo ribetes más allá de lo puramente epistemológico y científico; toda vez que en ella influyeron elementos externos tales como los de tipo político, de carácter social y referentes al ámbito de las creencias personales de los participantes de esta expedición, como por ejemplo las ideas que tenían acerca de cómo debía ser la práctica de la ciencia en los océanos y en las tierras que visitaron. En este sentido, esta ciencia tuvo un componente ideológico basado en la dominación de la Corona española en el Nuevo Mundo; esto es que la física seguía el paradigma vigente de la racionalidad de la filosofía natural, además, por la entrega de sus resultados cognitivos, debía supuestamente traer prosperidad y felicidad a los pueblos en los cuales estaba ausente el conocimiento de la naturaleza. Dicha forma ideológica está en directa concordancia con los ideales propios de la época, es decir de la Ilustración, ya que ésta suponía que la filosofía natural y la ciencia debían traer el progreso material y la civilización.

También hay que tener presente que estas ideas podían encubrir algunos asuntos de vital importancia para la mantención del poder imperial; entre éstos por ejemplo la legitimidad del poder, ya que los naturalistas cuestionaron la legalidad contractual de las monarquías mediante los estudios de las potencialidades económicas del espacio geográfico y sus críticas estaban presentes en sus publicaciones.⁹⁶ Además, se sabe que los científicos y viajeros europeos —y entre éstos también los que trabajaban para la Corona española— influyeron intelectualmente en las revoluciones de finales del siglo XVIII e inicio del siglo XIX, en virtud de sus conversaciones y sus visiones del mundo. Algunos ejemplos eran las peculiaridades del mundo americano, el funcionamiento de las instituciones del Viejo Mundo o las diversas costumbres de los países de América; ideas que ponían de manifiesto los sabios europeos al interactuar con criollos e intelectuales del Nuevo Mundo, tal como ya lo ha destacado Sagredo.⁹⁷ Al respecto, re-

96 Cfr. Juan José Saldaña. “Ilustración, ciencia y técnica en América”. Diana Soto Arango et al. *La Ilustración en América colonial*. Madrid: Doce Calles, 1995, pp. 19-65.

97 Rafael Sagredo. “Las expediciones científicas del siglo XVIII y la independencia de América”. Julio Retamal Ávila (coord.). *Estudios Coloniales*. Vol. 1. Santiago de Chile: Universidad Nacional Andrés Bello-Red Internacional del Libro, 2000, pp. 295-350.

cuérdese nada más que el mismo Malaspina llegó a cuestionar la presencia de España en el Nuevo Mundo,⁹⁸ en su afán de controlar los territorios de ultramar mediante las reformas puestas en marcha por la casa Borbón.

Por su parte, en esta expedición la práctica científica de la física consistió fundamentalmente en la obtención de datos y en la medición de algunos fenómenos naturales, tales como la presión y temperatura atmosférica en distintos lugares de su derrotero y en los trabajos sistemáticos con el péndulo para calcular el tiempo y determinar la gravedad y forma de la Tierra y la variación magnética. Para este último emplearon modernos instrumentos de medición, pero a pesar de utilizar la tecnología de vanguardia de la época en ocasiones tuvieron problemas con algunas mensuras y cuantificaciones, ya fuera por problemas con el funcionamiento de los aparatos científicos en temperaturas extremas, por el cansancio de la tripulación o por un inadecuado conocimiento de la geografía local. De igual manera, la práctica científica en general realizada por los miembros de la expedición de Malaspina debe incluirse en el paradigma de la física newtoniana, que establecía *a priori* el marco teórico-intelectual identificado con un mecanicismo universal⁹⁹ en el cual se enmarcaron los trabajos de campo y la medición por parte de los científicos. Lo anterior corresponde a su vez a una inserción en el horizonte epistemológico de la física moderna, la cual valora la matematización y la geometrización de la naturaleza, que fue justamente lo que hicieron los miembros de la Expedición Malaspina. Esto es extender el paradigma newtoniano a las nuevas fronteras naturales del imperio español con la ayuda de los instrumentos de precisión.

La parte teórica y experimental, por su parte, se centró principalmente en dar cuenta de algunos fenómenos de la naturaleza mediante las descripciones o explicitaciones basados en la ciencia física, tales como la descripción de ciertos estados de la materia y cómo éstos podían determinar algunas variantes de la realidad natural como las mareas y los hielos. También se experimentó mucho con la velocidad del viento en los distintos lugares del Océano Atlántico y del Océano Pacífico, utilizando distintos métodos geométricos para su determinación. Entre estos métodos recuérdese

98 Las críticas de Alejandro Malaspina al sistema de control y dominación española en América están contenidas en los denominados *Axiomas políticos*, los cuales son una serie de reflexiones del navegante italiano sobre la realidad política del imperio español basadas en el razonamiento de la física newtoniana. Al respecto véase Pimentel, *op. cit.*, pp. 143-162.

99 Cfr. Zenobio Saldivia. "Newton y el universo mecanicista". *Trilogía*. Santiago de Chile, Instituto Profesional de Santiago, vol. 9, núms. 16 y 17, pp.88 y ss.

la suma de vectoriales y la trigonometría, para lo cual colocaban algunas estacas construyendo así los triángulos imaginarios en la superficie del terreno. Además, en algunos territorios usaron implementos de uso cotidiano como vasos y calderas como parte de sus implementos, en otros lugares los crearon. Así por ejemplo, el miembro de la expedición Antonio Pineda utilizó vasos para calcular la temperatura del océano; las calderas las utilizaron para la desalinización y dulcificación del agua de mar, mediante el uso del fuego y del alambique. También, en otro momento, mandaron a construir un set de pararrayos para ambas corbetas y evitar así algún problema o accidente durante las rudas tormentas eléctricas de los mares australes.

Artículo recibido: 25 de noviembre de 2014

Aceptado: 14 de abril de 2015