

El telescopio y el microscopio en la conformación experimental

José Luis Álvarez García

Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM

jlag@hp.fciencias.unam.mx

RESUMEN

En una época en la que el conocimiento estaba basado fundamentalmente en lo que se veía directamente sin la ayuda de instrumentos, la aparición del telescopio y el microscopio vino a revolucionar la visión macro y microscópica de la naturaleza. No obstante, no fue fácil la aceptación de estos instrumentos como medios de investigación científica. En este artículo se describe este momento histórico y sus implicantes.

PALABRAS CLAVE

Telescopio, microscopio, ciencia, experimentación, historia.

ABSTRACT

At a time in which knowledge was based fundamentally on what it was seen directly without the aid of instruments, the appearance of the telescope and the microscope came to revolutionize the macro and microscopic vision of the nature. However, the acceptance of these instruments as means of scientific research was not easy. In this article this historical moment and its implications are described.

KEYWORDS

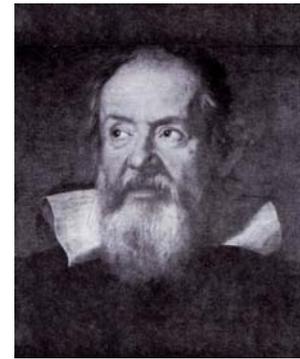
Telescope, microscope, science, experimentation, history.

INTRODUCCIÓN

El proceso de conformación experimental dentro de la física presenta innumerables y muy variadas vertientes. Una de ellas, de importancia fundamental, es el desarrollo de instrumentos y técnicas en óptica que ampliaron la visión macro y microscópica del ser humano, para así contar con una nueva forma de interrogar a la naturaleza.

El salto de la observación a simple vista a la visión con la ayuda de instrumentos habría de ser uno de los grandes avances en la historia de la ciencia. Concretamente, la invención del telescopio y del microscopio.

No se sabe quién inventó las gafas, cómo ni cuándo. Lo más probable es que se hayan inventado por casualidad. Los términos italianos “lente” (de *lentil*, “lenteja”, la semilla comestible) o *lente di vetro* (“lenteja de cristal”), utilizados en un principio para referirse al invento, no son de origen culto. La fecha de la que se tiene noticia de la utilización de gafas se remonta hasta antes



Galileo Galilei, 1564-1642.



Artículo publicado en el Boletín de la Sociedad Mexicana de Física Vol. 19, No. 4, oct-dic de 2005.

Reproducido con la autorización del autor y la SMF.



Galileo mostrando su telescopio.

de 1300, trescientos años después se inventa el telescopio y poco después el microscopio. En todo este tiempo los eruditos académicos no prestaron atención al estudio de las lentes. Las razones para esto fueron múltiples. Una de ellas es que se sabía muy poco sobre la refracción de la luz. Además, en lugar de estudiar los fenómenos de refracción en lentes simples, el apego a la filosofía tradicional los llevaba a estudiar lentes esféricas, donde se dan las aberraciones más complejas, no llegando a ninguna parte con esos estudios.

Otros factores que influyeron para que el estudio de las lentes se detuviera, fueron las teorías que se tenían sobre la luz y la visión. Todas las teorías de los pensadores griegos ponían el énfasis en el proceso de la visión y no en la naturaleza de la luz como fenómeno físico. Así, desarrollaron teorías sobre *cómo ve la gente* con elaboradas explicaciones. Por ejemplo, Platón y los pitagóricos describían el proceso de la visión como emanaciones del ojo que de algún modo abarcaban el objeto visto.

Durante la Edad Media la Europa cristiana todavía estaba dominada por el concepto del ojo “activo”. Además de todos estos factores había otros de índole religiosa que inhibían el estudio de los fenómenos relacionados con la luz: “Vosotros sois la luz del mundo”; “Dios es luz y en él no hay tiniebla alguna”; “Dios dijo: que se haga la luz; y la luz se hizo”. La teología estaba reforzada por el folklore y el sentido común. ¿Por qué les habían sido dados los ojos a los hombres si no era para que conocieran la forma, tamaño y color verdaderos de los objetos del mundo

exterior? ¿No eran los espejos, los prismas y las lentes dispositivos para crear mentiras visuales? Los cristianos devotos y los filósofos honestos no querían tener nada que ver con semejante superchería.

No obstante, existían personas prácticas que se colocaron gafas sobre la nariz, simplemente porque así veían mejor. En el inventario de un obispo florentino, a principios del siglo XIV, constaba “un par de gafas con montura de plata dorada”. En 1300, la fabricación de lentes era común en Venecia. Petrarca (1304-1374) se quejaba de que “para mi fastidio, al llegar a los sesenta años de edad...hube de buscar la ayuda de las gafas”.

EL TELESCOPIO

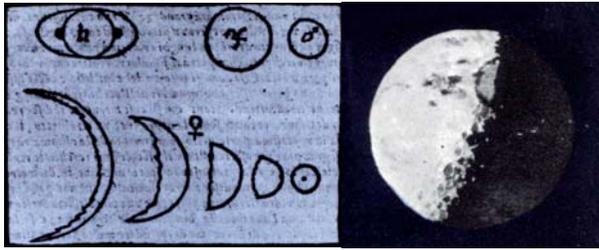
En 1623, Galileo (1564-1642) escribió: “Estamos seguros de que el inventor del telescopio fue un sencillo fabricante de anteojos que, manipulando por casualidad lentes de formas diversas, miró, también casualmente, a través de dos de ellas, una convexa y la otra cóncava, situadas a diversas distancias del ojo; vio y se percató del inesperado resultado y descubrió así el instrumento”.

Es probable que esta afortunada combinación de lentes se diera en varios talleres a la vez. El relato más verosímil sitúa el episodio crucial en el taller de un humilde fabricante de anteojos holandés llamado Hans Lippershey, de Middelburg, alrededor del año 1600.

La gente prudente, sin embargo, no se mostraba dispuesta a permitir que un dudoso aparato nuevo anulara la evidencia de primera mano que aportaban los ojos. No resultó fácil convencer a los “filósofos naturales” de que miraran a través del instrumento



Telescopio de Galileo.



Dibujo de Saturno, Júpiter, las fases de Venus y de la Luna.

de Galileo. Tenían muchísimas razones de índole intelectual para desconfiar de lo que no veían a simple vista. El eminente aristotélico Cesare Cremonini se negó a perder el tiempo mirando por el artefacto de Galileo sólo para ver "... lo que nadie más que Galileo ha visto...". Otro colega hostil declaraba: "Galileo Galilei, matemático de Padua, llegó a Bolonia con su telescopio, mediante el cual veía cuatro falsos planetas. El 24 y el 25 de abril no dormí ni de día ni de noche y probé el instrumento de Galileo de mil maneras distintas tanto en cosas de aquí abajo como en las de allí arriba. Abajo, funciona de maravilla; en el cielo es engañoso, pues algunas estrellas fijas se ven dobles. Tengo como testigos a los más excelentes hombres y nobles doctores... y todos han admitido que el instrumento es engañoso. Galileo se quedó sin habla y el 26 se marchó entristecido".

El propio Galileo miraba un objeto por su telescopio y luego se acercaba a él para comprobar que no se engañaba. El 24 de mayo de 1610, declaró que había probado el telescopio "cien mil veces en cien mil astros y en otros objetos". Un año después seguía probando. "Más de dos años llevo probando mi instrumento (o más bien docenas de instrumentos) en cientos y miles de experimentos con miles y miles de objetos, cercanos y lejanos, grandes y pequeños, luminosos y oscuros; por tanto, no sé cómo le puede caber a nadie en la cabeza que, ingenuamente, me haya engañado en mis observaciones".

Galileo fue uno de los primeros en enfrentar las dificultades que surgían de la lucha de la ciencia contra la tiranía del sentido común. El gran mensaje del telescopio no era lo que ponía de manifiesto en los objetos de la Tierra, que Galileo podía ir y comprobar en persona a simple vista, sino la infinitud de "otros objetos" que no podían ser examinados en persona, o ser vistos por el ojo humano desprovisto de ayuda.

Galileo Galilei y el telescopio coincidieron por una serie de casualidades, que no tenían nada que ver con la intención de revisar el cosmos ptolemeico, de fomentar el progreso de la astronomía, ni de estudiar la forma del Universo. Los motivos inmediatos residían en las ambiciones militares de la República de Venecia y en el espíritu experimental inspirado por sus empresas comerciales.

El primero en enterarse en Venecia de las noticias del telescopio de Lippershey, fue Paolo Sarpi (1552-1623), amigo de Galileo y polifacético fraile amante de la ciencia. Un extranjero llegó a Venecia y ofreció un telescopio al gobierno veneciano, Sarpi, confiando en que Galileo construiría uno mejor, aconsejó al Senado veneciano que rechazaran el ofrecimiento del extranjero.

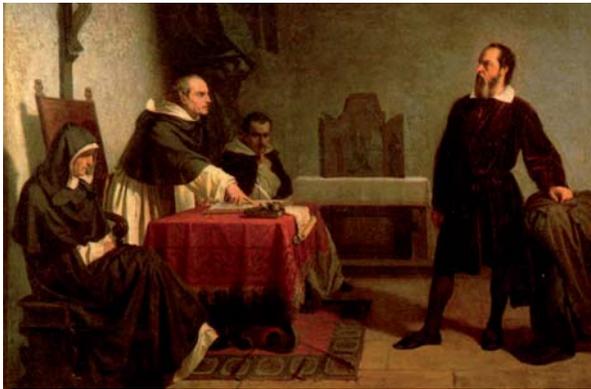
En julio de 1609 Galileo respondió a la confianza de Sarpi presentando un telescopio de nueve aumentos, tres veces más potente que el que había ofrecido el extranjero. Para fines de 1609 había construido uno de 30 aumentos, que era el límite del diseño de entonces. Este telescopio pasó a ser conocido como telescopio de Galileo.

Galileo no estaba particularmente dotado para la ciencia de la óptica, pero era un hábil fabricante de instrumentos. Si sólo hubiera sido un hombre práctico, el telescopio no hubiera causado ningún problema. Muchas otras naciones compartían el entusiasmo por el instrumento, dadas sus aplicaciones para la guerra y el comercio. Sin embargo, Galileo no se detuvo ahí; hizo algo que en la actualidad nos parecería lo más natural: lo dirigió al cielo. En aquella época esta actitud resultaba superflua, inútil, hasta incluso parecería una blasfemia escudriñar la majestad y perfección inmutable de los cielos.

Había transcurrido medio siglo desde que Copérnico (1543) había propuesto una Tierra en movimiento y un universo heliocéntrico sin



Grabado en cobre del siglo XVII mostrando la popularización del telescopio.



Galileo ante el Santo Oficio.

que hubiera habido consecuencias públicas perturbadoras.

Lo que Galileo vio por el telescopio cuando lo apuntó por primera vez al cielo le sorprendió tanto que publicó inmediatamente una descripción de su visión. En marzo de 1610, el *Sidereus Nuncius* (*El mensajero de las estrellas*), un folleto de 24 páginas, asombró y causó un gran revuelo en el mundo culto.

Galileo, extasiado, describía “la vista más hermosa y encantadora... asuntos de gran interés para todos los observadores de los fenómenos naturales... primero, por su excelencia natural; segundo, por su absoluta novedad, y, por último, por las características del instrumento con ayuda del cual me ha sido dado contemplar todo ello”.

Ahora, el telescopio “ponía con claridad ante los ojos del hombre un sinnúmero de astros que no se habían visto nunca antes, y cuya cifra es más de diez veces superior a la de los conocidos anteriormente”.

Ahora el diámetro de la Luna parecía “unas treinta veces mayor, su superficie unas novecientas veces y su masa casi 27,000 veces superior a la que se percibe cuando se ve a simple vista. En consecuencia, cualquiera puede conocer con la certeza propia del uso de los sentidos que la Luna no tiene una superficie lisa y suave, sino áspera e irregular, y que, al igual que la superficie de la Tierra, está llena de protuberancias, profundos abismos y sinuosidades”.

El paso decisivo para asegurar la aceptación de la nueva concepción celeste, no fue ninguna ampliación ulterior de los cálculos astronómicos

—apreciada únicamente por los expertos—, sino el disponer de un instrumento físico que permitió a todos la observación directa del cielo para examinar con mucho mayor minuciosidad el Sol, la Luna y las estrellas.

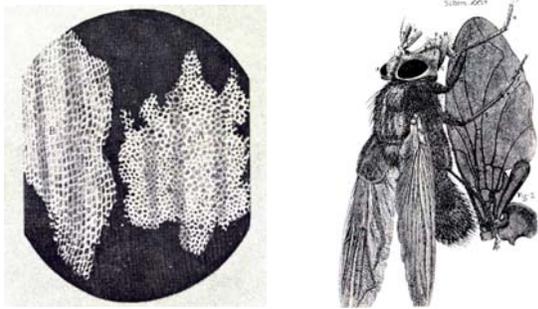
Galileo, recluido en una casa de Arcetri, en las afueras de Florencia, perdió la vista cuatro años antes de su muerte, quizá a causa de las horas que había pasado mirando al Sol por el telescopio. Finalmente, el Papa le permitió gozar de la compañía de un joven erudito, Vincenzo Viviani, quien el 8 de enero de 1642 anunció la muerte de Galileo, un mes antes de cumplir setenta y ocho años. “Con filosófica y cristiana serenidad le entregó su alma al Creador, enviándola, como le gustaba creer, a disfrutar y a observar desde una posición más ventajosa esas maravillas eternas e inmutables que, mediante un frágil aparato, él había acercado a nuestros mortales ojos con tanta ansiedad e impaciencia”.

EL MICROSCOPIO

No sabemos quién fue el inventor del microscopio. El principal candidato es Zacharias Jansen, humilde fabricante de anteojos también de Middelburg; y probablemente su invención fue tan accidental como la del telescopio. No podía haber sido inventado por alguien que ansiara echar una mirada a un mundo microscópico nunca imaginado hasta entonces. Poco después de que se fabricaran los primeros telescopios, la gente los utilizaba para ver ampliados los objetos cercanos. Al principio, el mismo término italiano, *occhialino*, o el latino *perspicillum*, servían tanto para el telescopio como para el microscopio.



Microscopio de Hooke y su *Micrographia*.



Dibujos del corcho y de la mosca hechos por Hooke.

Ya en 1625, un miembro de la Academia del Lincei, el médico naturalista John Faber (1574-1629) ideó un nombre para el nuevo aparato. “El tubo óptico... que me he complacido en llamar, tomando como modelo el telescopio, microscopio, porque permite ver las cosas diminutas”.

Las mismas sospechas que hicieron que los críticos de Galileo estuvieran poco dispuestos a mirar por el telescopio y luego se mostraran reacios a creer lo que veían, afectaron también al microscopio. El telescopio resultaba de evidente utilidad en el campo de batalla, pero no existían todavía batallas en las que pudiera intervenir el microscopio. Se creía que cualquier artefacto que se interpusiera entre los sentidos y el objeto a percibir no podía hacer otra cosa que inducir a error a las facultades que Dios ha dado al hombre. Y en cierta medida, los toscos microscopios de la época confirmaban esas sospechas. Las aberraciones cromáticas y esféricas todavía producían imágenes confusas.

Robert Hooke (1635-1703) publicó en 1665 su *Micrographia*, una atractiva miscelánea en la que explicaba su teoría de la luz y el color y sus teorías sobre la combustión y la respiración, junto con una descripción del microscopio y de sus usos. Pero la extendida desconfianza respecto a las ilusiones ópticas perjudicaría también a Hooke. Al principio, el nuevo mundo que afirmaba ver a través de sus lentes también fue motivo de escarnio general.

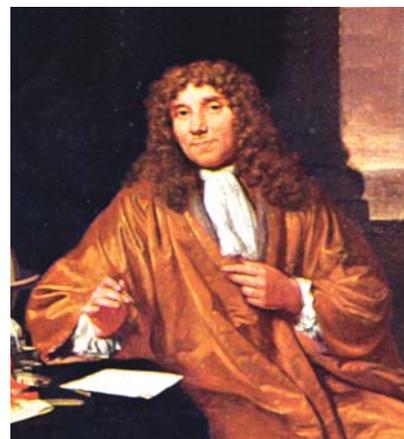
Lo que el *Sidereus Nuncius* de Galileo había hecho por el telescopio y sus vistas al cielo, lo hizo la *Micrographia* de Hooke por el microscopio. Del mismo modo que Galileo no fue el inventor del telescopio, tampoco Hooke inventó el microscopio, pero lo que él declaró haber visto en su microscopio compuesto abrió los ojos de la Europa culta al maravilloso mundo interior. El propio Hooke

representó por primera vez en cincuenta y siete sorprendentes ilustraciones dibujadas por él mismo el ojo de una mosca, la forma del aguijón de una abeja, la anatomía de una pulga y de un piojo, la estructura de las plumas y la similitud con las plantas que presentaba el moho. Cuando descubrió que la estructura del corcho era como la de un panal, dijo que estaba compuesto por “celdas” o “células”.

Las ilustraciones de Hooke se reimprimieron con gran frecuencia y siguieron apareciendo en los libros de texto hasta el siglo XIX.

El microscopio abrió las puertas de oscuros continentes en los que nunca se había entrado con anterioridad y que en muchos sentidos eran fáciles de explorar. Las grandes travesías marítimas habían exigido cuantiosas inversiones y eran esfuerzos colectivos. La exploración astronómica exigía la coordinación de las observaciones realizadas en lugares distintos. Pero un hombre solo, situado en cualquier parte con un microscopio, podía aventurarse por vez primera por senderos a los que no habían llegado los expertos navegantes.

Antoni Van Leeuwenhoek (1632-1723) fue con su microscopio el primer promotor de esta nueva ciencia de la exploración de otros mundos. En Delft, donde nació, se ganaba bien la vida vendiendo seda, lana, algodón, botones y cintas a los burgueses acomodados de la ciudad y percibía una substanciosa renta como presidente del Consejo Municipal, inspector de pesos y medidas y agrimensor de la corte. No asistió nunca a la universidad y durante sus noventa años de vida sólo salió dos veces de Holanda, una para ir a Amberes y otra a Inglaterra.



Antoni van Leeuwenhoek, 1632-1723.



Microscopio de Leeuwenhoek.

En 1673, en pleno apogeo de las guerras navales anglo-holandesas, Henry Oldenburg (editor de las *Philosophical Transactions*) recibió una carta del especialista en anatomía holandés Regnier de Graaf (1641-1673) en la que se decía: “Para demostrar todavía con mayor claridad que las humanidades y la ciencia no han sido todavía borradas de entre nosotros por el entorchocar de las armas, escribo a fin de comunicarle que una persona sumamente ingeniosa de estos lugares, llamada Leeuwenhoek, ha ideado unos microscopios que superan con mucho los que hemos visto hasta ahora. La carta adjunta escrita por él, en la que describe ciertas cosas que ha observado con mayor precisión que otros autores anteriores, puede servirle como muestra de su trabajo; y si lo tiene a bien y se digna probar la pericia de este diligente hombre y alentarle, le ruego le envíe una carta con sus sugerencias, proponiéndole problemas más difíciles del mismo tipo”.

Los pañeros meticulosos como Leeuwenhoek tenían por costumbre usar una lupa de pocos aumentos para estudiar la calidad de las telas. Su primer microscopio fue una pequeña lente, pulida a mano a partir de una esfera de vidrio, sujeta entre dos placas de metal perforadas, a través de las cuales se miraba el objeto. Unido a esto había un dispositivo ajustable en el que se colocaba el objeto de estudio. Todos sus trabajos fueron realizados siempre con microscopios “simples”, es decir, que usaban un sistema de lente única. Leeuwenhoek fabricó unas quinientas cincuenta lentes, de las cuales la mejor tenía una potencia de aumento de 500 y un poder de resolución de una millonésima de metro.

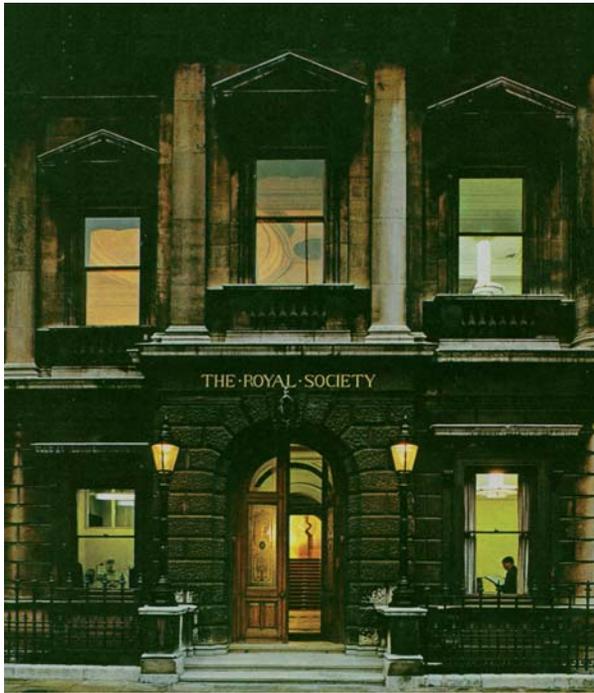
La Royal Society animó a Leeuwenhoek a que comunicara sus descubrimientos en ciento noventa cartas. Puesto que no disponía de un programa sistemático de investigación, la carta era el formato perfecto para informar sobre las inesperadas visiones de las entrañas de cualquier cosa. Algunas de sus primeras observaciones casuales resultaron las más sorprendentes.

En septiembre de 1674, por pura curiosidad, llenó un frasco de cristal de un agua turbia y verdosa, que la gente de campo llamaba “rocío de miel”, procedente de un lago pantanoso situado a 3 kilómetros de Delft, y bajo la lente de aumento descubrió “muchísimos animalículos diminutos”. A continuación dirigió su microscopio hacia una gota de agua de pimienta, infusión a base de pimienta negra utilizada en sus observaciones: “Entonces vi con gran claridad que se trataba de pequeñas anguilas o lombrices apiñadas y culebreando, igual que si viera a simple vista un charco lleno de pequeñas anguilas y agua, todas retorciéndose unas encima de otras, y parecía que toda el agua estaba viva y llena de estos múltiples animalículos. Para mí, ésta fue, entre todas las maravillas que he descubierto en la naturaleza, la más maravillosa de todas; y he de decir, en lo que a mí concierne, que no se ha presentado ante mis ojos ninguna visión más agradable que esos miles de criaturas vivientes, todas vivas en una diminuta gota de agua, moviéndose unas junto a otras, y cada una de ellas con su propio movimiento”.

En su famosa carta 18 a la Royal Society (de 9 de octubre de 1678), concluía que “estos animalillos eran, a mi modo de ver, más de diez mil veces



Microscopios de los siglos XVII y XVIII.



Fachada del edificio de la Royal Society en Londres.

menores que el animáculo que Swammerdam ha descrito, llamado pulga de agua o piojo de agua, que se puede ver vivo y en movimiento en el agua a simple vista”.

Leeuwenhoek echó en un tubo fino de cristal una cantidad de agua equivalente a una semilla de mijo, señaló treinta divisiones en el tubo, “y a continuación lo coloqué ante mi microscopio mediante dos muelles de plata o de cobre que he instalado allí... para poder subirlo o bajarlo”. Quien en aquella época visitaba su taller quedaba asombrado. “Suponiendo que este caballero viera en realidad 1,000 animáculos en una partícula treinta veces menor que una semilla de mijo, eso querría decir que en una cantidad de agua igual a una semilla de mijo habría 30,000 criaturas vivas, y,

por tanto, 273,000 criaturas vivas en una sola gota de agua”. No obstante –añadía Leeuwenhoek- existían criaturas mucho más pequeñas que no eran visibles para el visitante, “pero que yo veía mediante otros cristales y un método diferente (que me guardé para mí solo)”.

No es de extrañar que quienes leían estos relatos fueran acosados por las dudas. Algunos lo acusaron “de ver más con su imaginación que con sus cristales de aumento”. A fin de convencer a la Royal Society, Leeuwenhoek recogió declaraciones firmadas de testigos oculares, que no eran científicos sino, simplemente, ciudadanos respetables, notarios públicos, el pastor de la congregación inglesa en Delft, y otros.

Al enviar a la Royal Society el informe de las observaciones microscópicas realizadas sobre semen humano, Leeuwenhoek, discretamente se disculpaba así: “Y si su señoría considera que estas observaciones pueden disgustar o escandalizar a las personas cultas, suplico a su señoría que las tenga por privadas y las publique o las destruya según crea oportuno”.

Explorador infatigable, Leeuwenhoek explicó el sabor picante de la pimienta por su espinosa textura microscópica, y el crecimiento humano por la “preformación” de órganos en el esperma. Pero también abrió panoramas nuevos en la microbiología, la embriología, la histología, la entomología, la botánica y la cristalografía. Su bien ganada elección como miembro de la Royal Society de Londres le fue otorgada el 8 de febrero de 1680.

BIBLIOGRAFÍA

- D. J. Boorstin. Los descubridores, editorial Crítica (Grijalbo), México, 1988.