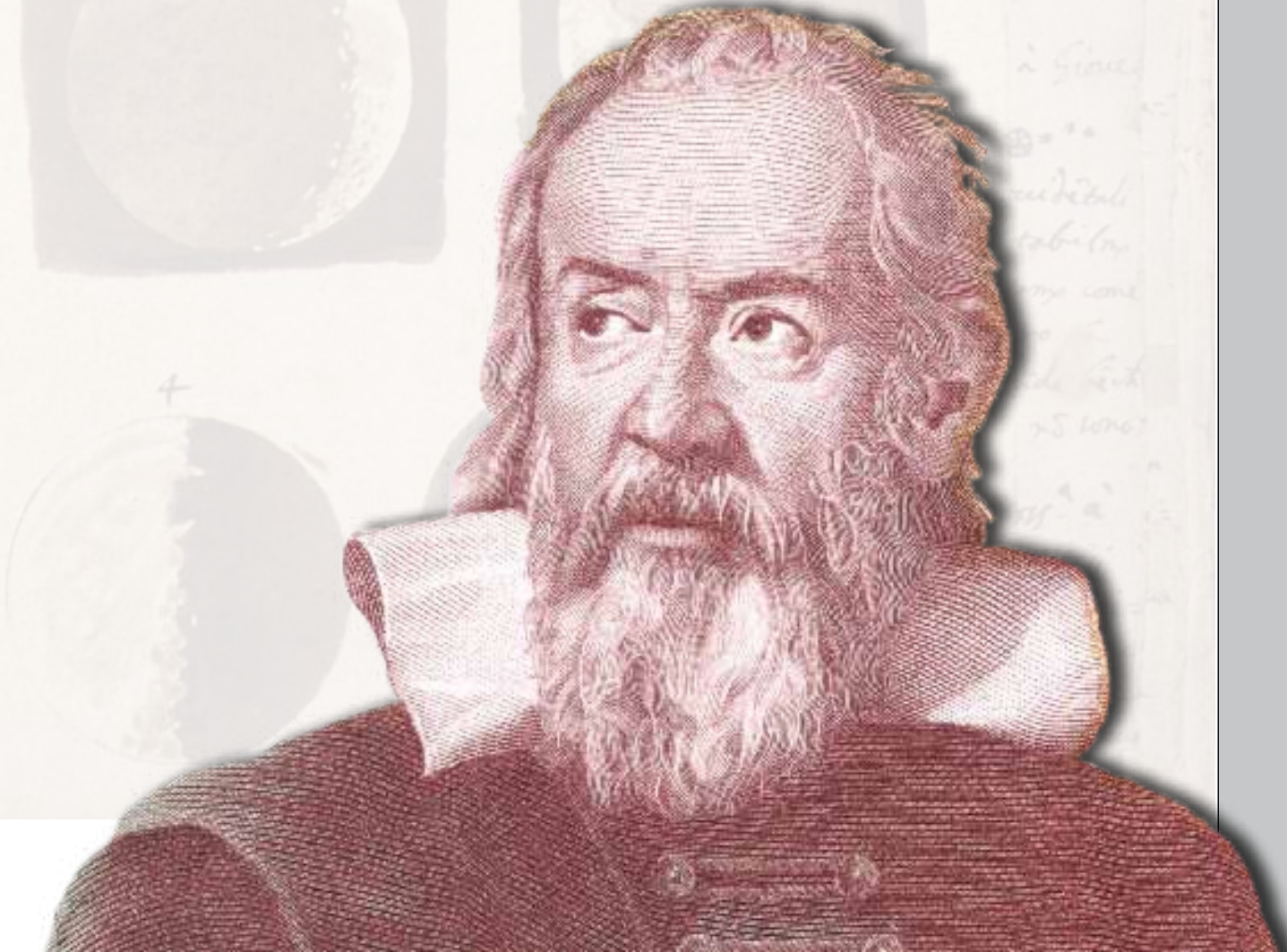


Galileo Galilei y el Año Internacional de la Astronomía

En 2009, los astrónomos del mundo conmemoran el Año Internacional de la Astronomía. ¿Por qué? En 1609, Galileo Galilei apuntó, por primera vez en la historia del hombre, un telescopio al cielo. Así nació la ciencia como doble juego entre la modelización teórica y la indagación de la Naturaleza por medio del experimento. La Humanidad entera también lo celebra (o debiera).

En este dossier de EXACTAMENTE, lo celebran Guillermo Boido, Leonardo Moledo, Guillermo Mattei y Carlos Borches.



La primera observación telescópica del cosmos

De cómo hace cuatro siglos Galileo acercó el cielo

Por Guillermo Mattei

En el siglo XVII, el uso de lentes, fundamentalmente para anteojos, acumulaba una antigüedad de trescientos años. No es improbable que varias mentes curiosas con espíritu precientífico hayan alineado un par de lentes —con una cierta separación entre sí— e intentaran mirar a través de ellas. Así pudieron haberse dado varias invenciones y reinvencciones del telescopio. Nadie lo sabe.

Varios documentos históricos le adjudicarían la paternidad del telescopio

al holandés Zacharias Janssen, no solo por haber sido un experto fabricante de anteojos de Middleburg, sino por haber inventado el microscopio en 1590.

Sin embargo, la prueba documental de la invención del telescopio data del 2 de octubre de 1608, cuando Hans Lippershey tramitó, ante el estado holandés, la patente de “un sistema para ver de lejos” (teleskopos, en griego). El gobierno holandés, probablemente asesorado por algún militar de inusual perspicacia, en lugar de autorizar la patente, prefirió

comprarle a Lippershey los derechos por la invención y, a la vez, subvencionar sus futuras investigaciones.

Si bien en 1609 Galileo Galilei tenía conocimiento de este estratégico recurso de la armada holandesa, también es verdad que ya disponía de su propio telescopio fabricado con dos lentes y un cañón de órgano como tubo. Sin embargo, Galileo no solo perfeccionó el diseño de estos primeros modelos sino que, sobre todo, tuvo la suficiente audacia intelectual como para usarlos de un modo peculiar y así cambiar nada menos que la Historia de la Humanidad.

National Maritime Museum



Cuando el Cielo pasó a ser el cielo

Separados por algunos meses del año 1609, dos hombres miraron la Luna con el invento holandés: primero, el matemático, cartógrafo y astrónomo Thomas Harriot, en Londres, y, más tarde, el profesor de matemáticas de la Universidad de Padua Galileo Galilei. Pero ¿qué los hizo trascender de manera diferente en la Historia?

El historiador estadounidense de la ciencia y profesor de Harvard Gerald Holton, en su libro *Einstein, historia y otras pasiones* argumenta: “Se piensa habitualmente que las artes y las ciencias pertenecen a dos mundos diferentes, pero, en algunos aspectos, son primas cercanas”. Ingenio y pasión aparecen en ambas y, desde Pitágoras, también hubo estimulación mutua.

Particularmente, Holton sostiene que la imaginación visual o icónica del artista



Bocetos de las fases de la luna elaborados por Galileo.

desempeña un rol decisivo cuando es empleada en la creación de conocimiento científico. Parece indudable que la capacidad de Galileo para formar imágenes mentales acertadas a partir de imágenes ópticas fugaces, y convertir así vagas percepciones en conocimiento sólido, es lo que coloca al ilustre pisano en la galería de los genios. “Pensar es especular con imágenes”, decía el filósofo y escritor napolitano Giordano Bruno (1548-1600), una figura imprescindible para entender el contexto histórico de Galileo.

Holton explica: “Desde Aristóteles, se pensaba que la Luna era una esfera perfectamente lisa e inmutable”, tal como lo requería la divinidad, más allá de la corrompida Tierra. Sin embargo, la preocupación de la Iglesia —por ejemplo, explicitada por Dante en la Divina Comedia— eran “esas manchas lunares oscuras que hasta los ojos terrenales pueden ver”. Los antecesores inmediatos de Galileo también pensaban que la Luna era una esfera perfectamente

espejada, pero, atrapados por esta idea, tuvieron que producir los más variados argumentos para explicar por qué, entre otras cosas, el Sol no se reflejaba en ella como un simple punto brillante.

Si bien Harriot logra bocetar, en su primera observación de la Luna, la línea divisoria (denominada “terminator”) entre la zona oscura y la brillante, no dice por qué la debe dibujar como una curva irregularmente dentada y no perfectamente continua. Si bien Harriot podía ver, la idea dominante le impedía comprender. Unos meses más tarde, Galileo elabora varios dibujos en sepia de las fases de la Luna, usando técnicas pictóricas del claroscuro. Galileo también dibujó el terminator pero, a la vez, pudo atribuirlo racionalmente a las irregularidades topográficas del terreno lunar. “Seguramente, montañas y cráteres”, pensó el pisano.

Según Holton, la formación cultural de Galileo le había permitido usar sus

ojos como una herramienta de la imaginación, en tanto que la de Harriot le había conferido el poder de la palabra shakesperiana. Mientras que todo intelectual italiano moderno estaba imbuido de la pintura renacentista, las artes visuales británicas atravesaban aún el medioevo. Luego, acerca de sombras, nadie mejor que Galileo.

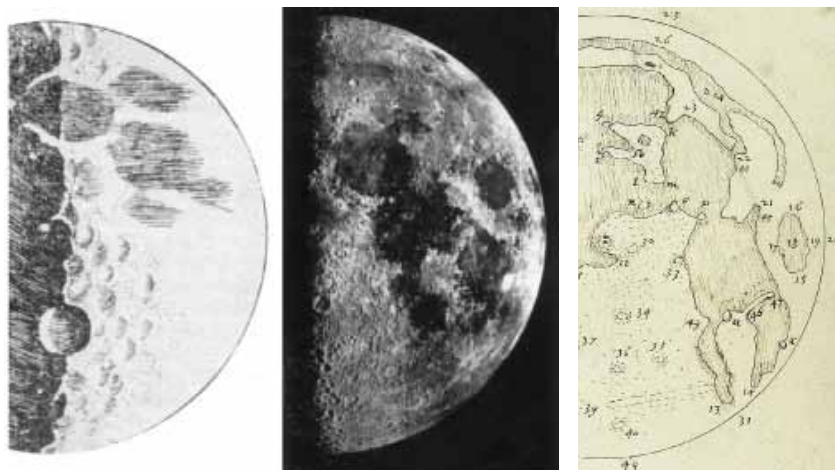
Al igual que algunos otros notables pensadores que dio la Humanidad, como Newton o Einstein, Galileo tuvo la valentía intelectual de ir en contra hasta de su propio bagaje de ideas, reinterpretando de manera novedosa lo que estuvo a la vista de varios otros pensadores sin coraje. Galileo vio, nada menos, que no había diferencias cualitativas entre la Luna y la Tierra. “¡Hay montañas en la Luna más altas que Los Alpes!”, estimó el pisano en su libro *Sidereus Nuncius*. Galileo no solo logró que, curiosamente, en 1610 Harriot reportara explícitamente, a través de sus nuevos dibujos de la Luna, muchas más irregularidades topográficas que él mismo, sino que también alteró la visión del cielo cotidiano de todos los europeos modernos.

En 1609, los pilares de la cosmovisión aristotélica se empezaron a resquebrajar visiblemente, el Cielo pasó a ser el cielo, y Galileo imaginó lo que sus sucesores (de ahí en más, los científicos) verían a través de tubos telescópicos que evolucionarían a partir del suyo propio durante los cuatrocientos años siguientes.

Teleskopos

A pesar de su parecido con el microscopio, que produce imágenes aumentadas de objetos cercanos, la función del telescopio es ampliar la imagen en la retina del observador de un objeto distante. El microscopio agranda y el telescopio acerca.

El diseño básico de un telescopio involucra a dos lentes alineadas por sus ejes ópticos, o las rectas imaginarias que pasan por los centros de cada una de las dos caras de cada lente. La primera es la lente objetivo, la que está del lado del objeto a observar, y la segunda es la lente ocular, cerca de la cual el observador posiciona su ojo. La primera lente produce una imagen del objeto distante y ésta, a su vez, pasa a ser el objeto de obser-



Izquierda: boceto de Galileo. Derecha: boceto de Harriot. A diferencia del boceto Harriot, Galileo también dibujó el terminator, pero pudo atribuirlo racionalmente a las irregularidades topográficas del terreno lunar atribuyéndolas a montañas y cráteres.

EL LEONCITO



A 2.552 metros sobre el nivel del mar, en las estribaciones occidentales de la cadena montañosa del Tontal (departamento de Calingasta, San Juan) hay un paraje, denominado El Leoncito, donde el cielo nocturno es notablemente oscuro, diáfano e incontaminado, con unas trescientas noches por año despejadas y donde el viento y la humedad son casi inexistentes. Allí se ubica el CASLeo o Complejo Astronómico de El Leoncito (Conicet, Ministerio de Ciencia y Tecnología y Universidades de la Plata, Córdoba y San Juan); en otras palabras: el primer y único telescopio científico de la Argentina.

En marzo de 1987, los astrónomos profesionales argentinos hicieron la primera observación con el telescopio del CASLeo, bautizado Jorge Sahade en homenaje a su mentor. La inauguración del complejo, con un patrimonio que alcanza los veinte millones de dólares, data del 12 de setiembre

de 1986, con la presencia del entonces presidente Raúl Alfonsín. Mientras que el final de obra se produjo en 1985, su inicio se remontaba a principios de la década del '60. Una típica historia argentina: una dictadura con un plan sistemático de destrucción del avance científico local, material de alta tecnología —adquirido en el exterior por la universidad pública— deteriorándose en depósitos a causa de los irrisorios presupuestos para finalizar el proyecto, y el milagro tardío de la (re)construcción.

El telescopio del CASLeo es de tipo reflector, cuenta con un espejo primario de 215 cm de diámetro, y otro secundario de 65 cm. Pesa cuarenta toneladas y se mueve con la precisión de un reloj a los efectos de compensar el movimiento de rotación terrestre cuando está siguiendo a un objeto astronómico para su observación. Dispone, además, de variado instrumental complementario para la adquisición y procesamiento de los datos observacionales. Las veinte personas que puede albergar el Complejo trabajan en turnos de ocho días corridos, en condiciones de altitud elevada, horarios nocturnos y temperaturas invernales de hasta casi diez grados bajo cero.

El CASLeo no sólo es una reserva astronómica, protegida la calidad de sus cielos contra contaminaciones antrópicas por la ley provincial 5441, sino también ecológica, preservada por la Dirección de Parques Nacionales.

vación de la lente ocular, de modo que la imagen final del sistema se imprime sobre la retina del observador.

Si el objeto es distante, pero está a una distancia relativamente medible, el observador necesita ajustar la posición relativa del ocular para focalizar la imagen nítidamente. Cuando la distancia es tan grande que los haces de luz provenientes del objeto —por ejemplo, de la Luna— llegan al objetivo prácticamente paralelos, la posición del ocular es fija y los haces emergentes hacia el ojo del observador también son paralelos.

Los telescopios permiten ver claramente objetos distantes, la mayoría de las veces muy débiles. Luego, la capacidad de discernir, o técnicamente de resolver, pequeños detalles en fuentes lejanas y débiles es la principal virtud de un telescopio. La resolución es mayor cuanto más luz entra al instrumento, de modo que, a mayor diámetro del telescopio, mayor poder de diferenciar los pequeños detalles de la fuente. Sin embargo, la fabricación de lentes de grandes diámetros, y su operatividad en sistemas telescópicos, es dificultosa y problemática. Para evitar estos inconvenientes, alrededor de 1668, el escocés James Gregory e Issac Newton iniciaron la era de los telescopios reflectores, en los cuales la primera lente objetivo es reemplazada por diversas alineaciones de espejos y diafragmas en el tubo.

Típicamente, los grandes espejos cóncavos de forma paraboidal son los principales protagonistas de cualquier telescopio que se precie. En el histórico telescopio de Hale (en Monte Palomar, California, Estados Unidos), una pequeña cabina de observación se ubica en el punto focal o zona donde la luz converge luego de reflejarse en su espejo de cinco metros de diámetro. Con el agregado de un espejo plano en el camino de la luz, un poco antes del alcanzar el foco, el telescopio se denomina newtoniano. Perforando el espejo principal en su centro, de modo que por el orificio pueda emerger la luz que, luego de reflejarse en él, pasa por otro pequeño espejo elipsoidal cóncavo en el interior del tubo, los astrónomos hablan de un diseño gregoriano. La variante gregoriana que emplea un espejo

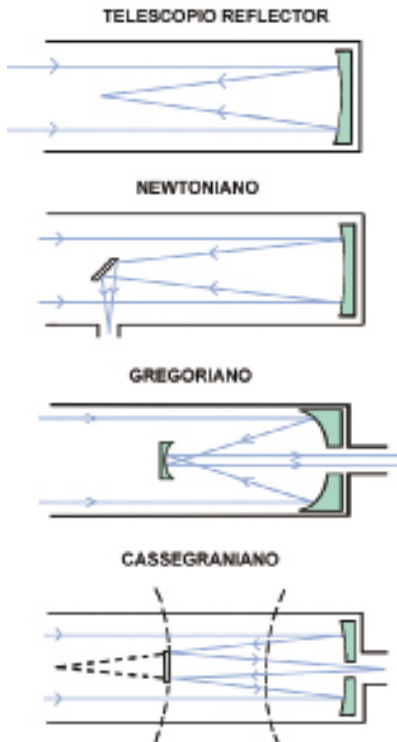
TELESCOPIOS VOLADORES



El sueño de todo astrónomo es evitar la atmósfera terrestre. En 1923, Herman Oberth, experto en cohetes y mentor del afamado Werner Von Braun, hizo las primeras especulaciones sobre un telescopio que orbitara la Tierra pero, recién en 1969, el astrofísico Lyman Spitzer logró darle forma concreta a semejante proyecto. En 1977, la NASA, embarcada oficialmente en la construcción del primer telescopio orbital, lo bautiza con el nombre de quien, en 1918, pusiera la expansión del Universo en evidencia observacional: Edwin Hubble.

En 1990, la nave Discovery pone en órbita al Hubble –un telescopio cassegraniano con dos espejos hiperbólicos, el principal de los cuales tiene 2,40 metros de diámetro–. Sin embargo, a los pocos días, los técnicos llegan a la conclusión de que un absurdo error de unidades de medida, capaz de hacer reprobado a un estudiante de ciencias en sus primeras materias, había condenado al telescopio a una miopía crónica. Meses más tarde, otra misión espacial se encarga de “ponerle anteojos” al Hubble. Desde entonces, el Hubble tiene los ojos más privilegiados de la humanidad para escudriñar los secretos del cosmos. Pero no serán los únicos.

Casi contemporáneo de Galileo, Giordano Bruno, en una audacia que no reparó en la preservación de su propia vida, razonó: “si nuestro Sol es una estrella, entonces otras estrellas pueden tener planetas como nuestra Tierra y, entonces, ahí habría un problema teológico”. Dicho lo cual, en 1600, el crepitar de los maderos de su hoguera silenciaron tan heréticas y antropodescentristas especulaciones. Sin embargo, el 6 de marzo de 2009, la antorcha de Giordano fue recogida por el telescopio espacial Kepler, cuando la NASA lo mandó a orbitar la Tierra con la misión de curiosear, más nitidamente, los planetas extrasolares que fueron descubiertos en estas últimas décadas. Una vez más, un telescopio estaba cambiando dramáticamente las ideas previas de la Humanidad.



Los distintos telescopios se clasifican según la disposición, el tamaño, la forma y la cantidad y distribución de los distintos espejos, así como por la ubicación del plano en que se forma la imagen (donde se sitúa el observador).

de forma hiperbólica convexa en el interior del tubo, es de tipo cassegraniana.

El Gran Telescopio Canarias (Garafía, La Palma, Islas Canarias, España) tiene un espejo segmentado de 10,40 metros de diámetro. Le siguen el par de telescopios Keck, separados 85 metros el uno del otro sobre el volcán extinguido Mauna Kea (Hawái, Estados Unidos), y el Gran Telescopio Sudafricano (Ciudad del Cabo, Sudáfrica) con 10 metros. En Sudamérica, el complejo astronómico de Cerro Paranal (Desierto de Atacama, La Silla, Chile) ostenta espejos de 8,20 metros. En Argentina, el complejo astronómico El Leoncito (San Juan) cuenta con un espejo de 2,15 metros (ver recuadro “El Leoncito”).

La pesadilla del astrónomo

“Si la teoría de fabricación de telescopios se pudiera, a la larga, llevar plenamente a la práctica, quedarían sin embargo unos límites que ellos no podrían rebasar, ya que el aire a través del cual miramos las estrellas tiembla perennemente, como puede verse por el movimiento trémulo de las sombras proyectadas por torres elevadas y por el centelleo de las estrellas

“fijas”, observaba genial, pero amargamente, el propio Newton.

La capa de gases que conforma la atmósfera terrestre es un complejo mar estratificado con propiedades físicas y químicas relacionadas, entre muchas otras cosas, con la altitud y diferentes fenómenos que la afectan localmente. Variaciones de temperatura y de densidad, vientos, humedad y contaminación antrópica son algunos de los factores que perturban el camino de la luz proveniente de objetos extraterrestres y que se traducen en una degradación de la calidad de las imágenes que los telescopios pueden proveer a los astrónomos. Nada peor que la atmósfera terrestre para mirar el cielo nocturno (ver recuadro “Telescopios voladores”).

Sin embargo, como dice Holton, el reflejo creativo de los científicos, casi a la manera de artistas convencionales, pudo contrarrestar los efectos de la atmósfera en las observaciones astronómicas mediante la genial idea de la óptica adaptativa. Dado que la turbulencia atmosférica cambia de manera impredecible y en pocas milésimas de segundo, el camino de la luz que la atraviesa se tuerce y se comba en función de esas variaciones. La imagen resultante se asemejaría a la que produciría un espejo de un metro de lado, segmentado en espejitos de diez centímetros de lado, que estuviera apoyado sobre un enjambre de escarabajos que, con movimientos impredecibles, cambiaran rápidamente la posición de los espejitos. Justamente, lo que hacen los ópticos, con técnicas experimentales, teóricas y computacionales, es fragmentar la información luminosa y, leyes de la física mediante, reconstruirla como si se pudieran descontar los efectos de la turbulencia.

Incluso para aquellos que insisten en preguntar para qué sirve dedicar tiempo y recursos a estudiar objetos tan alejados de la vida diaria como los astronómicos, es posible encontrar una respuesta en las aplicaciones de la óptica adaptativa relacionadas con el relevamiento de las retinas humanas, con un poder de discriminación al nivel de los conos celulares. En otras palabras, aún hoy el legado de Galileo continúa cambiando la vida de los seres sublunares. | \square

