

# GALILEO Y LAS OREJAS DE SATURNO: LA IMPORTANCIA DE LA RESOLUCIÓN

EN ESTE ARTÍCULO, A TRAVÉS DEL DESCUBRIMIENTO HISTÓRICO DE LOS ANILLOS DE SATURNO POR GALILEO, VEREMOS LA IMPORTANCIA DE LA RESOLUCIÓN Y LA CORRECCIÓN ÓPTICA EN ASTRONOMÍA.

TONY MARZOA

---

**DERECHA.** La lente original de uno de los telescopios de Galileo, de 58 mm de diámetro. Con esta lente el astrónomo italiano hizo sus primeras observaciones de Saturno. (Istituto e Museo di Storia della Scienza, Florence)

[Asif Akbar]



Uno de los grandes hitos en la historia de la astronomía fue cuando Galileo Galilei (1564–1642) apuntó por primera vez con su telescopio hacia el cielo nocturno. De este modo se inició una nueva era en la astronomía observacional e instrumental.

Mediante sus telescopios, Galileo realizó importantes contribuciones para la astronomía y la ciencia en general, pero, sin lugar a duda, uno de los descubrimientos más fascinantes de Galileo fue, en julio de 1610, el de la presencia de unas extrañas aureolas alrededor del planeta Saturno. De hecho, para Galileo se trataba de tres planetas alineados (un planeta mayor central, y dos planetas más pequeños o posibles lunas) que, además, ¡se tocaban!

Sorprendido con esta observación, el 12 de febrero de 1611, Galileo escribió a su amigo Paolo (Pietro) Sarpi (1552–1623) las siguientes palabras (traducción libre del autor): «*Saturno, no es en absoluto una estrella, como los otros planetas, sino que son tres reunidas juntas en una línea recta paralela a la línea del Zodiaco. Se representan así, oOo, es decir, la de en medio alrededor de tres veces mayor que las laterales, que son iguales entre sí. Durante todas mis observaciones no han mutado, lo que significa que son objetos inamovibles*».

Este singular descubrimiento mantuvo en vilo al astrónomo italiano, que continuó con un ojo sobre la «estrella triple» que observó en julio. Es interesante comentar aquí la importancia que tuvo dicho descubrimiento y su difusión entre los intelectuales y artistas de la época. Un ejemplo carismático de la difusión de este descubrimiento, así como también de la importancia y necesidad de la cultura científica en cada momento de la historia, es el famoso cuadro de Pedro Pablo Rubens (1577–1640) de *Saturno devorando a un hijo* (Figura 1). En este desgarrador cuadro hay un elemento que llama particularmente la atención, más allá de la cruel y sangrienta escena protagonizada por el titán y uno de sus hijos: una estrella triple, muy similar a la descrita por Galileo Galilei en sus notas y su carta a Sarpi, se encuentra en el fondo de la escena. ¿Estaría Rubens, veintiséis años después del descubrimiento de Galileo, al corriente de este hecho y así lo ilustró en su cuadro? Después de todo, Saturno era uno de los cuerpos celestes más populares en esos tiempos, y es muy probable que, por lo menos en los círculos más ilustrados, las ideas de Galileo fuesen conocidas. Es un fascinante ejemplo de la difusión científica en otra época,

que daría para un trabajo mucho más extenso de lo que aquí podemos tratar y discutir.

Retomando el hilo de los comentarios a Sarpi, Galileo no tardó en sorprenderse al observar nuevamente a Saturno en diciembre de 1612, y notificar que este se encontraba ahora solo en el firmamento. Cuanto mayor fue la sorpresa para el astrónomo italiano al ver que los dos «planetas» menores que acompañaban a Saturno habían desaparecido. Al notificar esto, y a partir de la revisión de sus observaciones anteriores, Galileo predijo que la pareja de acompañantes de Saturno volvería a ser observable en el futuro.

Y estuvo en lo cierto, pues en 1616, volviendo a fijar su atención en el «planeta triple», observó que ahora alrededor del Saturno se vislumbraba una estructura que se asemejaba mucho más a un par de asas de olla, o a unas «orejas» (véase Figura 2) más que a la configuración original observada en julio de 1610.

A pesar de que estas nuevas observaciones permitían intuir la estructura y forma de unos anillos (bien conocidas hoy en día), Galileo no fue capaz de llegar a dicha conclusión, y la naturaleza de las «orejas» de Saturno siguió siendo un misterio para toda la comunidad.

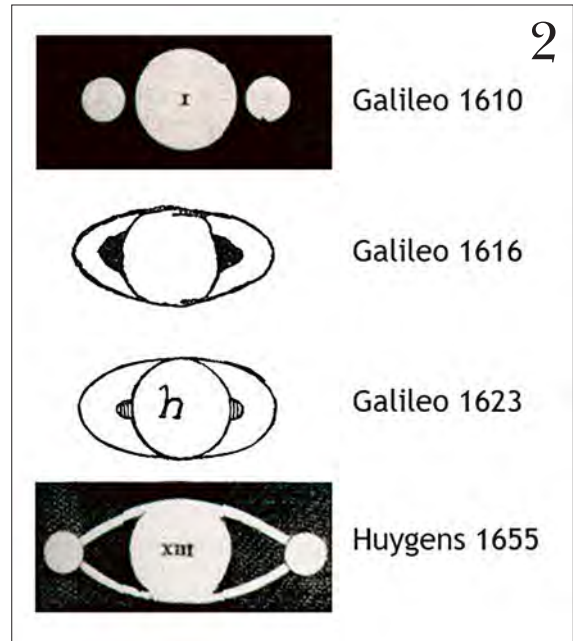
La popularidad del planeta, así como la difusión del descubrimiento de Galileo entre la comunidad científica del momento, y la proliferación del uso y manejo de telescopios por parte de numerosos astrónomos y estudiosos, hizo que más ojos estuvieran pendientes de Saturno y sus «orejas». De forma prácticamente rutinaria, aparecían con mayor frecuencia publicaciones de observaciones de Saturno y sus «asas», mostrando dibujos con distintas formas para las compañeras del devorador de su propia progenie. Llegados a este punto de la historia, es de recibo hacer una mención honorífica a los trabajos realizados por Pierre Gassendi (1592–1655) y Johannes Hevelius (1611–1687), los cuales jugaron papeles clave en el estudio de «las apariencias» de Saturno, pues aportaron información clave sobre las distintas fases de las «orejas» del planeta.

Asimismo, entre 1642 y 1655 aparecieron una gran cantidad de observaciones de las formas que rodeaban a Saturno, así como momentos en los que estas desaparecían (como se reportó en 1626 y en 1642, por ejemplo). No obstante, a pesar de todos estos esfuerzos observacionales, seguía fal-



tando una explicación para este fenómeno y para la naturaleza de las «orejas». Hacía falta, pues, un modelo, una teoría, capaz de explicar qué eran estas formas que rodeaban a Saturno y por qué aparecían y desaparecían del firmamento.

De este modo, en 1656, Hevelius publicó su *De Nativa Saturni Facie (Sobre la Apariencia Real de Saturno)*, donde proponía que Saturno era un planeta de forma elíptica, y que debido a su rotación había momentos en que su eje mayor quedaba alineado con nuestra línea de visión, haciéndonos



**FIGURA 1.** El famoso cuadro de Pedro Pablo Rubens *Saturno devorando a un hijo*, de 1636. Se puede ver el detalle de una «estrella triple» al fondo: una referencia a las primeras observaciones de Saturno realizadas por Galileo años antes. (Museo Nacional del Prado)

**FIGURA 2.** Algunas representaciones de Saturno realizadas por Galileo y Huygens a lo largo de la primera mitad del siglo XVII. (Archivo)

incapaces de ver la forma elipsoidal de este. Dos años más tarde, en 1658, el arquitecto Christopher Wren (1632–1723) propuso un modelo en el cual Saturno estaba rodeado por una corona rígida y muy delgada, pegada al planeta, rotando en su eje mayor. Ninguna de estas dos ideas fue aceptada globalmente por la comunidad.

No fue hasta 1659 que apareció publicada la idea del anillo de Saturno de la mano del astrónomo neerlandés Christiaan Huygens (1629–1695), como explicación a la naturaleza de las «compañeras» de Saturno.

Huygens, basándose en las múltiples observaciones previas, y en sus estudios y observaciones que le condujeron al descubrimiento del satélite Titán, postuló la idea de los anillos, así como propuso un modelo de las distintas «fases» de Saturno.

En 1656, Huygens publicó el descubrimiento de Titán, al igual que, muy brevemente, la idea de su modelo, que terminó de mostrar en forma de una

## 3



Imagen de referencia



a)



b)



c)



d)

teoría completa en 1659, en su libro *Systema Saturnium*. El modelo de Huygens es, básicamente, la solución moderna al problema de los anillos de Saturno, aunque se trataba de un postulado esencialmente geométrico que no trataba de la naturaleza o composición del anillo. No fue hasta 1858 que el gran científico escocés Sir James Clerk Maxwell (1831–1879) realizó un análisis matemático exhaustivo del sistema, para determinar que dicho anillo estaba compuesto de polvo fino.

De toda esta fascinante historia, de entre todas las que pueden surgir, es interesante quedarse con la siguiente cuestión: ¿por qué Huygens pudo discernir lo que Galilei no fue capaz de resolver con su telescopio? La respuesta la hallamos en la diferencia de resolución de cada uno de los instrumentos, así como un mayor historial de datos observacionales a disposición del neerlandés.

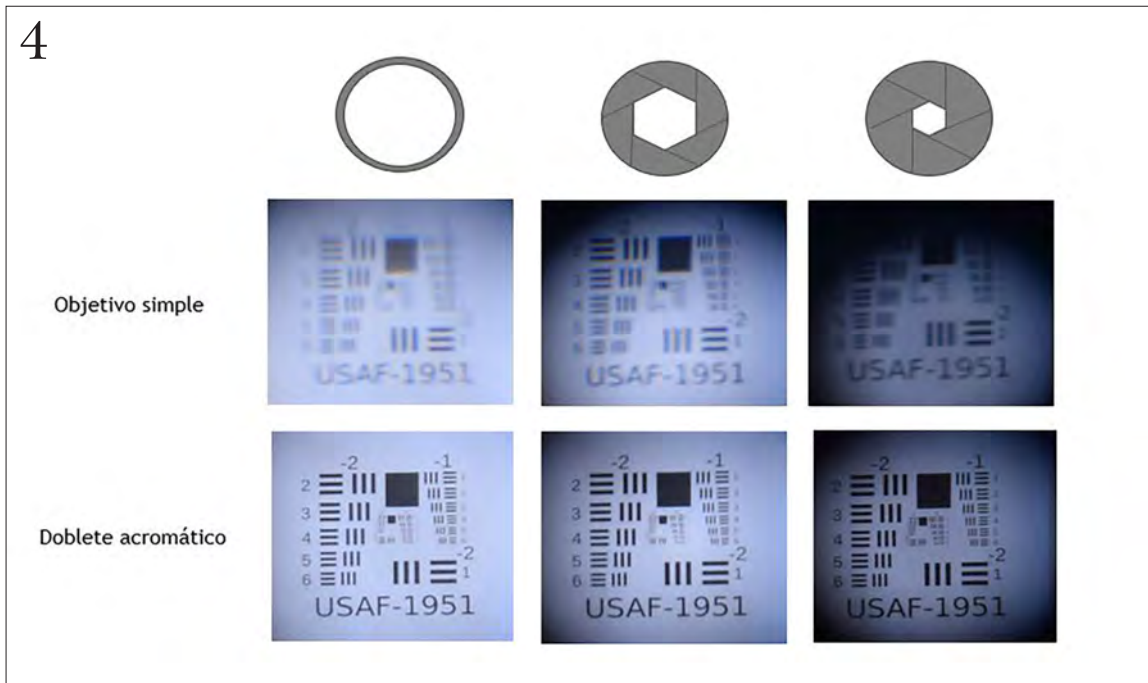
El telescopio de Galileo, a pesar de permitirle realizar grandes aportaciones a la astronomía, tenía ciertas limitaciones que afectaban a su poder de resolución, esto es, la capacidad de discernir detalles pequeños en el campo observado.

En *Astronomía* n° 261, marzo 2021, hablamos sobre el fenómeno de la difracción, de importancia capital para entender los límites de resolución de los instrumentos ópticos y, en particular, de los te-

lescopios astronómicos. Básicamente, vimos que la resolución de un telescopio depende esencialmente del diámetro de la apertura de su objetivo (una lente o sistema de lentes en el caso de telescopios refractores, el espejo primario en el caso de los reflectores). Así, sabemos que la resolución angular de un telescopio es inversamente proporcional al diámetro de su objetivo: cuanto mayor sea la apertura, seremos capaces de distinguir detalles más pequeños.

No obstante, esto es cierto para instrumentos «perfectos», esto es, libres de errores o imperfecciones físicas. Sabemos que, en la práctica, los instrumentos ópticos sufren de otras limitaciones, además de la difracción, tales como las aberraciones geométricas (*Astronomía* n°s 255, 256 y 257, septiembre-octubre-noviembre 2020) y la aberración cromática (*Astronomía* n° 258, diciembre 2020), y de las condiciones meteorológicas en el momento de la observación (*Astronomía* n°s 265-266, julio-agosto 2021).

El telescopio de Galileo, además de ser más pequeño que el de Huygens y los utilizados por otros astrónomos que trabajaron en el tiempo entre ambos científicos, era un telescopio refractor, que sufre de aberraciones geométricas (como ocurre, también, en los reflectores), y también de aberra-



**FIGURA 3.** Simulaciones de observaciones de Saturno para distintas resoluciones. La imagen d) se asemeja a las primeras observaciones de Galileo. (Cortesía del autor a partir de una imagen NASA/JPL)

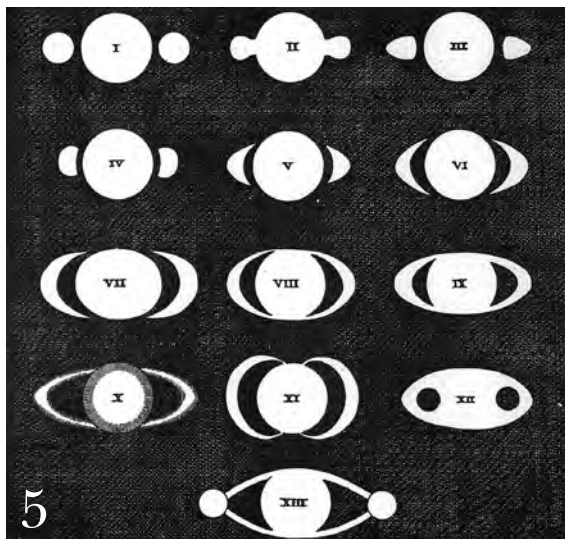
**FIGURA 4.** Observación de una prueba de resolución USAF-51 mediante un telescopio utilizando dos objetivos distintos: un objetivo simple y un doble acromático tipo Fraunhofer. El doble acromático, que también presenta correcciones geométricas, siempre proporciona mejores resultados (mayor resolución y calidad de imagen). En los dos casos se ha reducido el diámetro de la apertura en distinta medida para eliminar rayos marginales, lo que reduce el efecto de las aberraciones ópticas y aumenta el contraste, algo que visualmente aporta una mejora para el caso del objetivo formado por una única lente. (Cortesía del autor)

ción cromática, limitando así su resolución respecto a otros instrumentos. Además, en esa época, las correcciones ópticas eran limitadas, cuanto menos inexistentes, de modo que las aberraciones geométricas y cromáticas no tenían apenas compensación. Así pues, el telescopio de Galileo tenía mayores limitaciones (menor resolución) que los que le sucedieron. Esto hacía que él viese los anillos como asas (véanse Figura 2 y Figura 3).

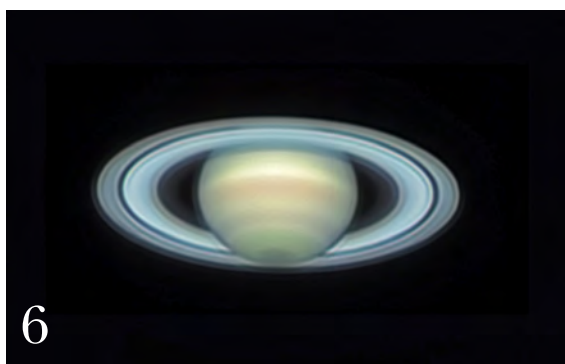
Esto nos lleva a pensar que, idealmente, necesitaríamos trabajar siempre con un sistema con la mayor abertura posible, y que incorporase las co-

rrecciones ópticas más avanzadas. Pero esta no es la única solución que podemos aplicar. Por ejemplo, a nivel amateur y con un telescopio refractor, se puede hallar una situación de compromiso entre aberraciones ópticas y difracción: al limitar la apertura de entrada de nuestro instrumento, reducimos la cantidad de luz que nos entra, así como la resolución teórica (de acuerdo con la teoría de la difracción, *Astronomía* n° 261), pero a su vez, eliminamos los rayos marginales, los rayos provenientes de campos mayores, que son los que más sufren de las aberraciones geométricas, mejorando así la resolución del instrumento (como se ilustra en la Figura 4).

El ejemplo de la Figura 4 corresponde a la observación de un test USAF-1951 (se trata de un estándar de test de resolución, similar a las pruebas que nos realizan los oftalmólogos y oculistas) mediante un telescopio refractor (de hecho, un telescopio con las mismas características que las de los primeros telescopios de Galileo –véase referencia 3–) en el cual se han utilizado dos objetivos distintos: uno constituido por una lente convexa simple, y otro formado por dos lentes que compensan la aberración cromática (diseño que comúnmente se conoce como doblete acromático y que es un estándar para sistemas refractores) y, a la par,



**FIGURA 5.** Dibujos de Saturno realizados por Christiaan Huygens en su obra *Systema Saturnium*. [Archivo]



**FIGURA 6.** Saturno fotografiado con un telescopio amateur de 250 mm de apertura, en junio de 2015, con los anillos en su máxima extensión. [Cortesía Carles Tudela]

las aberraciones geométricas del sistema en conjunto. En esta figura se puede observar cómo, al ir reduciendo el diafragma se va perdiendo luz, pero se logra una mayor nitidez en la imagen (mayor resolución), hecho que se manifiesta de forma más acentuada para el sistema de una sola lente. Esta metodología, que muchas veces se utiliza en fotografía, aumenta el contraste de la imagen y, en algunas situaciones, la resolución. Esto se debe a que el límite teórico de difracción muchas veces está muy por debajo de los efectos reales a los que se encuentra sometido el sistema óptico (tales como aberraciones geométricas, por ejemplo). Es decir, normalmente los instrumentos (concretamente los telescopios) presentan una resolución menor que la que nos da el límite de difracción. Así, reduciendo significativamente la resolución teórica al diafragmar el objetivo, se logran aumentar la resolución real del sistema («cancelando» los rayos que sufren más de las aberraciones) y tam-

bién el contraste. Se trata de una experiencia fácil de realizar en casa con nuestros propios telescopios, si tenemos sistemas *low-cost* que no presentan correcciones geométricas ni de cromática.

Sin embargo, cuando queremos tomar fotografías astronómicas o, más allá, realizar medidas y observaciones de interés científico, no solo hay que tener en cuenta las limitaciones de nuestra óptica y la resolución que esta nos puede aportar, sino también el tipo de detector (cámara u otros instrumentos, como por ejemplo espectrógrafos) que vamos a utilizar, la montura de nuestro telescopio, etc. El problema se vuelve más complejo cuando empezamos a tener en cuenta más fuentes de error, lo que tanto ingenieros, como astrofísicos, como muchos de los lectores de estas líneas saben sobradamente. Es importante tener presentes cuáles son las características y las limitaciones de nuestro equipo para conocer hasta dónde podemos llegar, especialmente cuando se trata de hacer investigación. Esto ayudará a tener un espíritu más crítico a la hora de analizar los resultados observacionales o experimentales, algo que es clave en la base del método científico.

Por otra parte, pensar en el problema de la resolución, en las limitaciones de los equipos científicos, invita a interesantes cuestiones y reflexiones. ¿Hubiese sido capaz Galileo Galilei de discernir la naturaleza de las «orejas» de Saturno con un telescopio de mayor resolución? Esta cuestión queda abierta y sin posible respuesta, lo que sí es cierto es que las limitaciones de sus instrumentos le imposibilitaron llegar a esas conclusiones. Las limitaciones del instrumental científico en cada época de la historia han marcado los límites de la ciencia para esos mismos periodos. Conocer dichas limitaciones puede ayudar a entender mejor las ideas y concepciones científicas de cada época, en su contexto, lo que en última instancia ayudará a comprender, en mayor medida, la evolución del pensamiento científico y, en última instancia, la de nuestra civilización. Igual que Galileo Galilei se vio limitado por las ideas, el contexto social y

los límites tecnológicos de su tiempo, también sucedió con las primeras observaciones a la luz del microscopio, o con los inicios de la astronomía en radio y altas energías. La única manera de juzgar (si es que alguien está en derecho de hacerlo) el pasado, especialmente en lo que concierne al avance científico, es utilizando el propio método científico y teniendo en cuenta el contexto técnico del momento.

Siguiendo esta línea de pensamiento, está claro que avanzar en la mejora de instrumentación y equipamientos científicos nos abrirá las puertas hacia un entendimiento más profundo de la realidad.

Espero que este modesto artículo ayude a poner de manifiesto la relevancia de las limitaciones en resolución de los telescopios, tanto a nivel de aficionado como profesional, y que los lectores puedan recordar la historia de las «orejas» de Saturno cuando apunten con sus telescopios (en muchos casos de mayor resolución que los del padre de la astronomía instrumental) a este cuerpo planetario, siendo conscientes de las limitaciones que también tenemos en estos tiempos modernos. (A)

## BIBLIOGRAFÍA

—E. A. Partridge, H. C. Whitaker, «Galileo's work on Saturn's rings», *Popular Astronomy*, vol. 3, pp. 408-414 (1987).

—[galileo.rice.edu/sci/observations/saturn.html](http://galileo.rice.edu/sci/observations/saturn.html)

—A. Marzoa, S. Vallmitjana, «Understanding resolution with Galileo's telescopes», *opg.optica.org/abstract.cfm?uri=ETOP-2021-F2A.1*.

—A. Marzoa, S. Vallmitjana, «Image quality of an antique microscope objective with a Shack-Hartmann wavefront sensor: an experiment of educational interest», *Óptica Pura y Aplicada* 54(2): 1-18 (2021). DOI: 10.7149/OPA.54.2.51062.



**Antonio Marzoa Domínguez.** Físico, ingeniero en SENER Aeroespacial, profesor asociado del Departament de Física de la Universitat Politècnica de Catalunya y miembro de COSMOS Mataró.

# MILKY WAY DOMES

Experiencia. Profesionalidad y Tranquilidad

[www.milkywaydomes.com](http://www.milkywaydomes.com)  
[info@milkywaydomes.com](mailto:info@milkywaydomes.com)