# Un pedacito del UNIVERSO



Armando Caussade

## Un pedacito del UNIVERSO

## Un pedacito del UNIVERSO

Quinta edición

## ARMANDO CAUSSADE

Prólogo por Daniel R. Altschuler, PhD

AC Publishing House 2020



#### UN PEDACITO DEL UNIVERSO

#### Por Armando Caussade

Quinta edición, publicada el 6 de mayo de 2020. Versión electrónica. Enlace para descarga: <a href="http://armandocaussade.org/books/">http://armandocaussade.org/books/</a>

Publicado por primera vez el 18 de noviembre de 2014. Para esta quinta edición se han dejado únicamente los artículos redactados en español. Los textos en inglés que aparecían en las ediciones anteriores han sido segregados, y se publicaron por separado bajo el título *Ramblings from the Universe*.

Redacción, escogido de ilustraciones y maquetación por Armando Caussade, GCSc, BS. Revisión didáctica por Guido Santacana, PhD.

Cubierta frontal: la Luna durante el eclipse total de 27 de octubre de 2004, vista desde Puerto Rico. Crédito: © 2004 Armando Caussade, CC-BY-NC-ND-4.0. Reservados algunos derechos.

Cubierta trasera: La nebulosa Roseta y su cúmulo, vistos el 10 de noviembre de 2015 desde Portugal. Crédito: Kees Scherer, Flickr CC0. Imagen liberada al dominio público.

Copyright © 2020 Armando Caussade, CC-BY-NC-ND-4.0. Reservados algunos derechos. Este libro es gratis, y puede distribuirse dentro de los términos de la licencia Creative Commons.

El texto es completamente original, con la excepción de breves citas que están atribuidas a sus autores. Las ilustraciones están reproducidas mediante licencias libres o con la autorización expresa del artista. Toda ilustración en dominio público o amparada bajo las licencias abiertas de Creative Commons y GNU mantiene dichas condiciones, y podrá reutilizarse según sus respectivos términos legales.

Publicado y distribuido por AC Publishing House. También disponible en papel por Blurb, Inc.

Página web: <a href="http://www.blurb.com/user/caussade/">http://www.blurb.com/user/caussade/</a>

Correo electrónico: ac@armandocaussade.org • Teléfono: +1 (787) 531–6914.

ISBN-13: 978-0-9962800-7-5 ISBN-10: 0-9962800-7-3

#### A LITTLE PIECE OF THE UNIVERSE

By Armando Caussade

Fifth edition, published on May 6, 2020. Electronic book version. Copyright © 2020 Armando Caussade. Some rights reserved.



### Índice temático

Semblanza Prólogo Introducción	9 10 11
Material didáctico	
<ol> <li>Cómo adquirir su primer telescopio</li> <li>Algunas consideraciones sobre oculares para telescopios</li> <li>Fórmulas sobre telescopios que todo astrónomo aficionado debe saber</li> <li>Cálculo del diámetro de una estrella</li> <li>El Voyager 1 y los confines del Sistema Solar</li> <li>Mire las estrellas, pero lejos de la orilla</li> </ol>	13 19 25 30 34 38
Observaciones astronómicas	
<ul> <li>7. Filtros de color para la observación de Marte</li> <li>8. Aspecto visual de las galaxias más brillantes</li> <li>9. Visibilidad de la Gran Nube de Magallanes desde el paralelo 18° norte</li> <li>10. A celebrar el primer maratón Messier</li> <li>11. Cielos oscuros y estrellas de la sexta magnitud</li> <li>12. Observaciones del cometa Borrelly</li> <li>13. Debuta una nueva estrella en movimiento</li> <li>14. El eclipse total lunar de 15 de abril de 2014</li> <li>15. Relato del eclipse total solar observado el 26 de febrero de 1998</li> <li>16. Relato del eclipse anular solar observado el 8 de abril de 2005</li> </ul>	39 50 56 58 61 66 68 70 72 86
Biografías e historia	
17. La divulgación astronómica 18. Biografía del astrónomo inglés Patrick Moore 19. Reseña del astrónomo puertorriqueño Víctor M. Blanco 20. Biografía de Elio Delgado Suárez, ingeniero aeroespacial 21. Semblanza y apreciación del astrónomo Víctor Román Cordero 22. Semblanza del astrónomo puertorriqueño Gregorio García 23. Fundación y trayectoria de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico 24. Astronomía puertorriqueña: apuntes para su historia	94 96 101 104 110 116 118 122
Apéndices	
<ul><li>A. Mapas del cielo para utilizarse a simple vista</li><li>B. Mapa de la Luna para utilizarse con un telescopio pequeño</li></ul>	139 144
Agradecimientos	146

#### Prólogo

Me place escribir esta breve presentación de esta obra que contiene escritos que mi amigo Armando Caussade ha publicado en el correr de los años, durante los cuales ha estado íntimamente relacionado con la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico, ocupando varios cargos y dedicándose a la promoción de la astronomía entre el público.

Al leer los distintos trabajos llama la atención su variada gama de temas, desde discusiones de carácter mas bien teórico, histórico y temas prácticos. Todos ellos presentan una exposición cuidadosa y profesional, una lectura que se puede disfrutar y que siempre ofrece algo de interés para todo lector.

El libro incluye dos artículos relacionados a la compra de un telescopio y oculares que serán muy útiles para aquellos que se inician en estos menesteres. En particular, la lectura de esta obra será de gran utilidad para los nuevos aficionados a la astronomía. Podrán aprender de las muchas oportunidades que se presentan para aquél que tiene un pequeño telescopio.

Me llamó la atención su reseña de la historia de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico, un loable esfuerzo de un grupo de personas dedicadas a difundir el conocimiento de la astronomía. Sin embargo se muestra una foto del evento inaugural en la cual se dice que el presentador es un tal Daniel R. Altschuler. ¡Claramente se trata de otra persona con mi mismo nombre!

También resulta grato ver una reseña sobre Víctor M. Blanco, reconocido y primer astrónomo puertorriqueño que lamentablemente pocos en Puerto Rico conocen.

El señor Caussade ha sido por muchos años un aficionado a la astronomía incansable y nos presenta varias imágenes tomadas por sus telescopios que no tienen nada que envidiarle a nadie, en sus palabras "un pedacito del universo".

#### Daniel R. Altschuler, PhD

Catedrático de física de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras Ex director del Observatorio de Arecibo

Lajas, Puerto Rico Noviembre de 2014

#### Prefacio (de la quinta edición)

Este libro representa una recopilación de venticuatro artículos sobre astronomía, todos redactados en español y que pretenden conseguir una puesta en orden de mi dispersa bibliografía. Podría decir que todos los textos breves que he escrito sobre astronomía y que considero importantes, aparecen aquí. Dicho de otro modo, este trabajo pudiera considerarse como contraparte de mi libro *Ramblings from the Universe*, que recopila la totalidad de mis trabajos cortos escritos en inglés.

He incluido aquí dos o tres relatos nuevos, pero lo demás ya había aparecido en la cuarta edición. La diferencia principal de esta quinta edición respecto de las anteriores, y especialmente la cuarta edición que ha circulado desde el año 2017, sería precisamente la división de aquel trabajo en dos libros separados. Todo lo que entonces había en inglés, quedó vertido en *Ramblings from the Universe*.

Los primeros dos capítulos de este libro responden a una de las preguntas que más frecuentemente he recibido durante mis conferencias públicas y eventos de popularización científica: ¿qué clase de telescopio debería un principiante adquirir?, y ¿cuáles son los accesorios idóneos que un astrónomo aficionado debería adquirir, para equipar adecuadamente su telescopio?. A mi juicio, esos dos capítulos serían la primera lectura que debería hacer un principiante en la astronomía.

También considero importantes los capítulos 15 y 16, que recogen las memorias de los dos eclipses solares que he presenciado, ambos de tipo central. Si existe un acontecimiento natural que ninguna debería perderse durante su vida, serían los eclipses solares, y en estos dos relatos mi propósito ha sido explicar con lujo de detalle el porqué de dicha aseveración.

Después de 35 años como educador en la astronomía —un período que incluye décadas de liderato en organizaciones, más nueve años como instructor universitario— me siento capacitado para elaborar sobre estos temas, de un modo que estoy seguro será ameno y comprensible para el lector. No basta para un divulgador el conocimiento acumulado, sino la capacidad para transmitirlo de manera sencilla y sin tecnicismos, y ya tendrá el lector oportunidad de juzgar si en esto he sido exitoso.

Como siempre, me interesaría escuchar opiniones sobre esta obra, ya sea presencialmente, mediante correo electrónico o teléfono. La información de contacto aparece en la página 6.

Armando Caussade, GCSc, BS

San Juan, Puerto Rico Mayo de 2020

#### 1. Cómo adquirir su primer telescopio

Por Armando Caussade, 18 de junio de 2012. Revisado el 27 de noviembre de 2013, el 6 de junio de 2016 y el 8 de noviembre de 2019.

Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, julio de 2012. Reimpreso con revisiones en *El Observador*, diciembre de 2013, y en la edición de verano de 2016.

Mis sugerencias —producto de más de veinticinco años utilizando telescopios astronómicos de todo tamaño, tipo y costo— van dirigidas a la persona que está iniciándose en la astronomía y que desea adquirir un primer telescopio. Doy por sentado que el instrumento a comprarse se empleará para observación del cielo nocturno y no para fotografía astronómica. Y si va con prisa, las recomendaciones específicas sobre qué comprar aparecen todas agrupadas bajo el primer inciso de este artículo.

#### Lo que conviene para el principiante

Un primer telescopio debería poseer un diseño óptico simple, que facilite el uso y mantenimiento del instrumento. Los mejores ejemplos serían un reflector newtoniano en montura Dobson de 150 a 200 milímetros de abertura (6 a 8 pulgadas), o un refractor acromático con tubo largo de 75 a 100 milímetros de abertura (3 a 4 pulgadas). Hemos dicho aquí acromático y no apocromático.

Una óptica excelente generalmente implica un golpe para el bolsillo; no obstante, los diseños antes referidos le proveerán una alta calidad a un precio razonable. Entre muchos telescopios que han pasado por mis manos, aquellos constituyen las únicas situaciones donde he visto coincidir la buena óptica y el buen precio. El presupuesto para un primer telescopio está situado entre los US\$300 y US\$600.

Abertura se refiere al diámetro del *objetivo*, que podrá ser igualmente un lente acromático o un espejo cóncavo. La abertura es el parámetro fundamental de un telescopio, pues ella determinará cuánta luz el instrumento podrá captar. A mayor abertura, mayor será la captación de luz y consecuentemente más poderosa será la óptica. Más que aumentar, <u>la función de un telescopio será captar luz</u>.

Resultará útil comprender el concepto de *relación focal*, que se refiere a la razón obtenida mediante división de la longitud focal por la abertura (o sea,  $\mathbf{F}/\mathbf{A}$ ). Como la longitud focal de estos telescopios corresponde aproximadamente a la extensión del tubo, la relación focal podrá estimarse con solo mirar el instrumento. Una relación focal de ocho, por ejemplo, se escribirá como f/8 y se leerá como "efe ocho"; esto significa que el largo del tubo será aproximadamente ocho veces mayor que el diámetro.

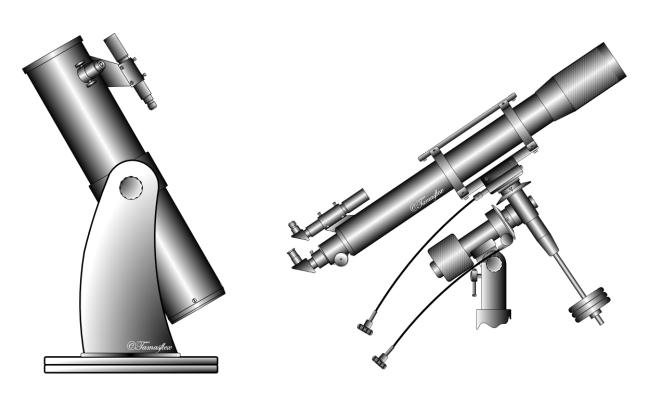
Pasaré ahora a enumerar las características imprescindibles en un primer telescopio, que debo recalcar se basan en la experiencia de muchos años. Antes de comprar, verifique las especificaciones provistas por el fabricante y asegúrese que el instrumento posea cada una de las siguientes características:

1) Construcción sólida del tubo. Un telescopio debe estar fabricado en metal y no en plástico. Debe emplear un portaoculares firme, que posea un buen engranaje de enfoque cuyo movimiento resulte preciso y consistente, sin juego ni resistencia. También hay que averiguar si existe en el telescopio un mecanismo de colimación, y cómo funciona éste mecanismo. *Colimación* significa lograr una alineación exacta de cada elemento óptico dentro del instrumento.

- 2) <u>Montura robusta</u>. Una montura debe ser perfectamente estable y libre de vibraciones, lo cual significa que jamás se tambaleará al contacto o ante el viento. El movimiento debe ser suave, pero preciso. La montura más adecuada para un refractor sería una de tipo acimutal —o una ecuatorial pequeña sin motores de rastreo— que pueda sostener al menos unos 10 kilogramos. En el caso de los reflectores, la montura ideal será indudablemente la de tipo Dobson.
- 3) <u>Larga relación focal</u>. El adjetivo "largo" se traduce en una relación focal igual o mayor a f/6 en los reflectores y por encima de f/8 en los refractores. Una relación focal menor comprometerá la óptica con aberraciones inherentes tales como la coma y la curvatura focal, cuyos efectos solo podrán atenuarse mediante oculares costosísimos o aditamentos correctivos (aplanadores de campo y correctores de coma) que se venden a precios igualmente onerosos.

Recapitulando, mi sugerencia sería elegir un diseño óptico sencillo, lo cual se refiere a lo siguiente:

- 1) Reflectores newtonianos en montura tipo Dobson, entre 150 y 200 milímetros de abertura y con relación focal igual o superior a f/6.
- 2) Refractores acromáticos de tubo largo, entre 75 y 100 milímetros de abertura y con relación focal superior a f/8.



Izquierda: Reflector newtoniano de 200 milímetros, apoyado en montura tipo Dobson. Derecha: Refractor acromático largo de 100 milímetros, apoyado en montura ecuatorial. Crédito: Szőcs Tamás (i.e., Tamasflex), Wikipedia CC–BY–SA–3.0.

En resumen, esta sería mi recomendación para un principiante. Ambos tipos de telescopio abundan en el mercado actual y se pueden adquirir con precios de entre US\$300 y US\$600. Un instrumento de esta índole ofrecerá buen rendimiento y le garantizará un comienzo sólido en su afición a la astronomía.

#### Lo que debería evitar un principiante

Como principiante, procure resistir la tentación de adquirir telescopios complicados. La instrumentación que debería evitar el neófito es la siguiente:

- 1) Los refractores de tipo apocromático. Un apocromático de 75 milímetros puede costar sobre los US\$1,000, versus los US\$300 que costará de un acromático de la misma abertura.
- 2) Los telescopios híbridos o catadióptricos, por diversos motivos: dificultad de colimación, largo tiempo de estabilización termal, susceptibilidad del lente corrector al rocío de la noche, etc.
- 3) Telescopios muy grandes o pesados. La realidad es que un telescopio pequeño y sencillo, que resulte fácil de instalar y de transportar, se usará con mayor frecuencia que uno complicado.

De otra parte, indicaré algunas características que no guardan relación con la calidad de la óptica y por tanto carecen de importancia en un primer telescopio:

- 1) Recubrimientos ópticos, ya sea en lentes o espejos. Importará mucho más la mera calidad óptica del objetivo que la presencia de recubrimientos. Para un lente bastará el humilde *single coating* y en un espejo bastará una cubierta básica de aluminio con 85% de reflectividad.
- 2) Telescopios diseñados específicamente para astrofotografía. La realidad es que un primer telescopio debería estar destinado exclusivamente a la observación del cielo, y no para realizar fotografías ni proyectos de investigación; estos trabajos podrán hacerse luego.
- 3) Aparatos de localización electrónica, tipo *GoTo*. Considero que no benefician al principiante, pues mejor que buscar la automatización el neófito debería dirigir sus esfuerzos a instruirse en la ubicación manual de planetas y estrellas, empleando mapas y atlas estelares.

Para un principiante estos artilugios resultan innecesarios o hasta contraproducentes. Luego diré algo más sobre el por qué. Manténgase alerta y no se deje engañar por tácticas de mercadeo.

En el caso de los telescopios reflectores el objetivo debería poseer una figura parabólica y no esférica; de lo contrario el instrumento sufrirá *aberración esférica*, aunque el defecto será menos perceptible cuando la relación focal fuera superior a f/8. Si en las especificaciones de un espejo no hubiera indicación sobre la figura óptica, por defecto deberá suponerse esférica. Así pues, evite dichos espejos. También existen reflectores que vienen con lentes divergentes prefijados a mitad de camino entre el espejo secundario y el portaoculares, una configuración conocida por el nombre *Jones-Bird*. Rechace estos telescopios, pues resulta imposible conseguir en ellos una colimación precisa. A los Jones-Bird los delata el hecho que el tubo resultará siempre demasiado corto al compararse con la longitud focal.

Evite comprar aberturas menores de 75 milímetros, pues la captación de luz en dichos telescopios es escasa. Conviene recordar que a mayor abertura, mayor será la captación de luz y por ende mayor será la potencia del instrumento; el incremento es exponencial, de modo que un objetivo de 150 milímetros captará cuatro veces más que uno de 75. De hecho, el catálogo Messier que comprende 110 objetos de espacio profundo solo podrá completarse mediante una abertura de 75 milímetros o más, y para apreciar detalles en los planetas se necesitará también un objetivo no menor de 75 milímetros. *Espacio profundo* se refiere a astros extendidos y de apariencia difusa, tales como nebulosas, galaxias y cúmulos estelares.

De otra parte y recalcando lo explicado, <u>adquiera un instrumento basándose en su abertura</u> y nunca en los aumentos que éste produzca. Un telescopio será más poderoso que otro cuando le supere en abertura y no en aumentos, recordando que la abertura se refiere al diámetro de la óptica y no del tubo.

#### Otros factores a considerar

Al realizar la compra, asegúrese que el vendedor aceptará devoluciones dentro de un término mínimo de dos semanas, y de ser posible, intente negociar un período más extenso. Aproveche este tiempo para que un astrónomo aficionado experto evalúe la calidad óptica del telescopio. Esto se hace mediante observación a altos aumentos de algún planeta brillante (Marte, Júpiter o Saturno) y comprobando que la imagen luzca perfectamente nítida y definida; si la imagen se muestra borrosa, será señal de mala colimación o de pobre calidad óptica; la colimación es remediable, pero la calidad no. Dichas pruebas pueden también hacerse mediante una estrella, pero los resultados serán más difíciles de interpretar.

En el mercado de telescopios, las marcas comerciales rara vez se diferencian en calidad. Dentro de una misma fábrica ocurrirá que un lote de telescopios, digamos del modelo X, se distribuirá bajo una diversidad de marcas, por lo que será inútil diferenciar entre la marca A, B o C. Para hacer creer que se trata de un producto original, cada vendedor del modelo X le solicitará al fabricante que introduzcan variaciones ligeras en los telescopios como el tipo de montura, la cantidad de oculares incluidos y hasta el color del tubo, pero en realidad se tratará de un mismo producto disfrazado con distinta apariencia. No sería exagerado decir que la mitad del inventario global de telescopios —actualmente en distribución bajo decenas de marcas— procede de apenas unas tres o cuatro fábricas localizadas en un mismo país.

Ya había dicho que los telescopios catadióptricos no son recomendables para el principiante, en parte debido a las dificultades de colimación. Pregúntese usted, cada vez que surja la necesidad de alinear el complicado tren óptico de su telescopio cadadióptrico, ¿quién resolverá? Quizás la única solución será enviar el instrumento al vendedor o a la fábrica, pero ya sabe usted como consumidor que los fabricantes y distribuidores son prestos para vender, pero reacios para reparar y asistir al cliente. Recapitulando, asegúrese de adquirir un telescopio sencillo, que no requiera mucho mantenimiento, y que de necesitarlo pueda ser reparado sin complicaciones por usted mismo o sus colegas; en esto lo recomendable son los refractores y los reflectores, pues ninguno ofrece grandes problemas de arreglo o mantenimiento.

Lo mismo ocurre con los aparatos de localización electrónica, que residen en la montura del telescopio. Tarde o temprano fallará alguno de los componentes electrónicos, y entonces, ¿quién lo arreglará?

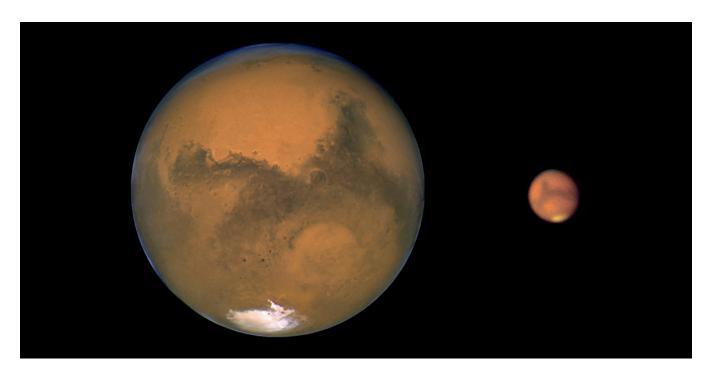
En un telescopio astronómico los oculares siempre son intercambiables, permitiendo así variar los aumentos que el instrumento producirá. Comience su observación empleando oculares de baja potencia y amplíe gradualmente hasta encontrar el aumento óptimo. Existe un límite práctico en los aumentos que puede alcanzar un telescopio, que será la abertura expresada en milímetros y multiplicada por dos; por ejemplo, un objetivo de 75 milímetros podrá alcanzar hasta 150 aumentos, y uno de 150 milímetros alcanzará hasta 300 aumentos. Sin embargo y como usted eventualmente descubrirá, no será posible trabajar a altos aumentos a menos que el telescopio esté apoyado sobre una montura sólida y estable.

Sobre este asunto de los oculares también he escrito un artículo completo, cuya lectura sugeriría a todo dueño de telescopio. Para un neófito recomendaría el ocular de tipo Plössl, que ofrece buen rendimiento a un costo entre US\$40 y US\$120 por unidad; dentro de ese presupuesto, la línea TeleVue Plössl sería una opción viable. Si nuestro criterio de calidad fuera que la óptica quedara relativamente libre de aberraciones, entonces un buen Plössl no tendrá nada que envidiarle a otros diseños que le tripliquen en

costo. Las focales más eficientes para un ocular Plössl son las comprendidas entre 10 y 25 milímetros, inclusive. Ante todo, evite los oculares exóticos que le cuesten igual o más que el propio telescopio.

Es importante considerar la oscuridad del lugar donde se empleará el telescopio. Dentro de una ciudad la contaminación lumínica borrará el techo estelar, dejando exclusivamente la Luna y los planetas, mientras que en los suburbios podrán realizarse observaciones parciales de espacio profundo aunque con limitaciones que dependerán del grado de iluminación. El disfrute pleno de la astronomía de espacio profundo solo será posible desde lugares oscuros y apartados, y únicamente durante noches con aire transparente, cuando la atmósfera aparezca limpia y sin rastro alguno de bruma.

Igualmente, debería tenerse una expectativa razonable sobre la productividad del instrumento a comprar. Un telescopio de aficionado jamás aumentará los planetas hasta un tamaño inmenso ni mostrará destellos coloridos en galaxias y nebulosas. Debemos recordar que las atractivas fotografías que se ven en las revistas y en Internet se obtienen utilizando enormes telescopios y sondas interplanetarias.



Comparación del planeta Marte según visto por un telescopio espacial y por uno de aficionado. Crédito (izquierda): NASA / ESA, J. Bell (Cornell University) and M. Wolff (Space Science Institute). Crédito (derecha): © 2003 Armando Caussade, CC-BY-NC-ND-4.0. Reservados algunos derechos.

#### **Comentarios finales**

La experiencia demuestra que la buena óptica y los buenos precios rara vez coinciden, pero cuando esto sí ocurre los instrumentos involucrados serán de un cierto tipo y tamaño, precisamente los que he recomendado en este artículo. Sencillamente, no existe telescopio que posea un mayor nivel de costo-eficiencia, mejor que un refractor o un reflector con tubo largo. De otra parte, sugiero al principiante que, antes de siquiera pensar en comprar nada, intente conseguir un telescopio prestado y salga afuera una noche para mirar por él, acompañado preferiblemente por un astrónomo aficionado experimentado; por esa misma línea, recomendaría también inspeccionar un telescopio en persona, antes de comprarlo.

La compra de un primer telescopio, a fin de cuentas, debería ir dirigida a adquirir un objetivo excelente. Por supuesto, conviene procurarse una montura fuerte y un buen juego de oculares, <u>pero el meollo del asunto está en la calidad del objetivo</u>. Y aunque es dificil averiguar antes de una compra la calidad real de un objetivo telescópico, la posibilidad de conseguir una buena óptica a un precio razonable aumentará en la medida que el principiante se oriente y aplique las recomendaciones ofrecidas en este artículo.

Opino que en un telescopio astronómico importa más la calidad óptica que la abertura. Es innegable que un objetivo grande captará más luz que uno pequeño, aunque la experiencia me permite afirmar que la imagen lucirá mejor en un excelente instrumento de 75 milímetros, versus uno mediocre de 150 milímetros. Esto será especialmente válido para el aficionado que interese observar los planetas en alta resolución, pues los defectos ópticos tienden a notarse más cuando se emplean aumentos elevados.

La calidad de un objetivo reside fundamentalmente en la correcta ejecución de la *figura óptica*. El fabricante de un telescopio deberá conseguir, en cada uno de los cristales que utilice, una curvatura muy exacta cuyo error de superficie no debería exceder de 0.000037 milímetros. Parecerá irónico, pero resulta más probable obtener esta calidad mediante acabado a mano y no mecanizado; el tipo de vidrio que se emplee y un pulido esmerado abonarán también a la calidad final del producto.

A estos efectos recomiendo la página web *Cloudy Nights* (<a href="http://www.cloudynights.com/">http://www.cloudynights.com/</a>) que publica revisiones imparciales de telescopios y accesorios, pues le permitirá informarse antes de comprar. Una consulta le costará solo un poco de tiempo y algún conocimiento de inglés, pero le ahorrará bastante dinero. Existen allí amplios foros donde pueden hacerse preguntas, y personalmente puedo decir que nunca he comprado nada sin antes consultar en dicha web. Además, sugeriría al lector que rebusque entre los artículos y los foros, pues encontrará varios textos publicados por este autor y sus colegas.

También sugiero al lector la posibilidad de acudir a una observación nocturna organizada por astrónomos aficionados, como las que realiza la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR), una institución a la que pertenezco desde sus inicios en 1985 y que dirigí por varios años. Durante estas sesiones usted podrá utilizar y comparar telescopios de diversas marcas y estilos. Le invito a visitar la página web de la SAPR <a href="http://www.astronomiapr.net/">http://www.astronomiapr.net/</a> y <a href="http://www.facebook.com/saprinc/">http://www.facebook.com/saprinc/</a>) para ver el calendario de eventos públicos, que se realizan periódicamente en diversos lugares de la isla.

Otro beneficio que ofrecen las organizaciones de aficionados sería la posibilidad de identificar socios expertos que serán capaces de aconsejar sobre reparaciones de telescopios refractores o reflectores, e incluso podrán evaluar la calidad óptica de dichos instrumentos. Para asesoramiento sobre telescopios no existe persona más capacitada que un astrónomo aficionado competente, pues a diferencia de otros especialistas será el único que poseerá años de observación telescópica nocturna al aire libre.

Mi mejor consejo —y no me cansaré de repetirlo— sería evaluar antes de comprar. Dicho esto, le deseo éxito en la adquisición de su telescopio, y ¡cielos siempre despejados! ■

#### 2. Algunas consideraciones sobre oculares para telescopios

Por Armando Caussade, 30 de octubre de 2013. Revisado el 8 de noviembre de 2019. Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, noviembre de 2013.

Hace algún tiempo se publicó mi artículo titulado *Cómo adquirir su primer telescopio*, el cual tuvo una acogida muy favorable. Con tal de continuar informando al principiante me pareció lógico escribir algo también sobre oculares astronómicos. Las opiniones y recomendaciones que ofrezco son el resultado de más de veinticinco años utilizando oculares de todo largo focal, tipo y costo.

Comenzaré con un repaso sobre conceptos básicos y aberraciones ópticas que presentan los oculares. Luego iré al meollo de la cuestión y ofreceré mis opiniones sobre cuáles oculares son deseables, con recomendaciones concretas según las diversas vertientes de observación telescópica que comprende la astronomía amateur. Si va con prisa, salte al inciso titulado *Consideraciones principales*.

Lo primero que diré es que no existe ocular alguno que sea perfecto, como tampoco hay telescopios perfectos. Todo sistema de lentes, incluidos los más costosos, sufrirá aberraciones residuales que son inherentes al propio diseño óptico. En esencia, adquirir un ocular significará seleccionar el conjunto de aberraciones que menos le perjudiquen a usted en el tipo de observación que vaya a emprender.

Mi sugerencia fundamental sería la siguiente: <u>jamás compre un ocular sin antes haber mirado por él</u>, preferiblemente a través de su propio telescopio. El rendimiento de un ocular puede variar según el instrumento, y una joya óptica en el telescopio de su colega podría resultar un limón en el suyo.

#### Conceptos básicos

El propósito de un ocular será recolectar la luz captada por un objetivo, y con ella formar una imagen coherente. Dicha imagen resultará ampliada por un número de veces que será determinado por la fórmula  $\mathbf{M} = \mathbf{F}/\mathbf{f}$ , donde  $\mathbf{M}$  corresponde al aumento generado,  $\mathbf{F}$  a la longitud focal del objetivo, y  $\mathbf{f}$  a la focal del ocular. Cuando decimos que un ocular produce 50 aumentos, significa que aumentará el diámetro de la imagen en unas 50 veces. Esto se ha convenido en escribirlo como 50×, lo cual podrá leerse como "cincuenta equis" o "cincuenta aumentos".

Una reducción en la medida focal del ocular producirá un mayor aumento, o sea, que un ocular de 12 milímetros aumentará el doble que uno de 24.

En un telescopio astronómico los oculares siempre son intercambiables, permitiendo así variar los aumentos que el instrumento producirá. Conviene mencionar que en un telescopio pueden también utilizarse oculares fabricados para microscopios. El largo focal de dichos oculares se obtiene mediante la relación  $\mathbf{f} = 250/\mathbf{m}$ , donde  $\mathbf{f}$  sería el largo focal expresado en milímetros, y  $\mathbf{m}$  la potencia del ocular en cuestión según aparezca indicada en el cilindro  $(5\times, 10\times, \text{etc.})$ .

Los cilindros de oculares vienen en tres tamaños uniformes: 2 pulgadas (nuevo estándar americano), 1.25 pulgadas (estándar clásico americano, aún vigente), y 0.965 pulgadas (estándar de origen alemán y popularizado luego en Japón, ahora obsoleto). Un telescopio que posea un portaoculares de 2 pulgadas podrá también emplear oculares con cilindro más estrecho, pero lo contrario no será posible.



Catorce oculares de la colección del autor.

Cuatro de los cinco que aparecen al fondo son de 2 pulgadas. Al frente están los de 1.25 pulgadas.

Crédito: © 2013 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

Los oculares de 2 pulgadas no siempre funcionan en los telescopios de tipo reflector y catadióptrico debido al viñeteo parcial inducido por el espejo secundario o por el mismo portaoculares; esto se observa en aberturas menores de 200 milímetros, y es algo que un dueño de telescopio debería tomar en consideración antes de adquirir dichos oculares. En los telescopios refractores no existe esta limitación.

Un ocular de 2 pulgadas puede llegar a mostrar hasta cinco grados de cielo si se utiliza con un telescopio refractor pequeño. El campo de vista real se calcula mediante la fórmula  $\mathbf{c} = \mathbf{C} / \mathbf{M}$ , donde  $\mathbf{c}$  representaría el campo visual observado,  $\mathbf{C}$  el campo de vista aparente del ocular, según indicado por el fabricante (52°, 68°, etc.), y  $\mathbf{M}$  el aumento producido por el telescopio y ocular en cuestión.

Otro concepto relevante sería el descanso del ojo (*eye relief*, en inglés), a saber, la distancia que separa el ojo de los cristales del ocular. Las personas que llevan anteojos requerirán al menos veinte milímetros de descanso para observar con razonable comodidad. Afortunadamente, la óptica astronómica ha progresado al punto que la mayoría de los oculares en venta hoy día cumplen con este requerimiento.

Al igual que los telescopios, a los oculares se les clasifica por diseño óptico, siendo conocidos entre los clásicos el ortoscópico de Abbe, el Plössl, el König y el Erfle, y entre los patentados el Panoptic y el Nagler, ambos de la empresa TeleVue. Como en los telescopios, más que marcas hay que mirar diseños.

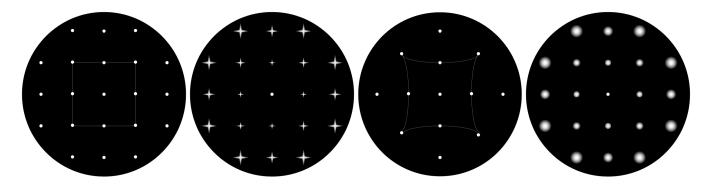
#### Aberraciones ópticas

Discutiré someramente seis aberraciones comunes en los oculares, pues las recomendaciones concretas que luego ofreceré se basarán en la comprensión de estas aberraciones. La mayoría de estos defectos se acentúan conforme la mirada se aparta del centro del campo visual y se aproxima a los bordes.

1) El *astigmatismo* es la aberración más común en los oculares. El mejor enfoque posible para las estrellas situadas hacia los bordes del campo visual será no un punto, sino un borrón alargado y en ocasiones una cruz o un diamante. La reducción del astigmatismo durante la fabricación de

un ocular se logra ordinariamente a expensas de un aumento en la distorsión, por lo cual resultará muy difícil diseñar un ocular que quede simultáneamente exento de ambas aberraciones.

- 2) La *distorsión* no implica precisamente una imagen borrosa, tal como la palabra sugeriría. El efecto de esta aberración será el de torcer las líneas o figuras que alcancen la periferia del campo visual, y el efecto empeorará en la medida que el objeto observado se acerque a los bordes. Por ejemplo, la Luna lucirá ovalada y no redonda, a través de un ocular que sufra distorsión.
- 3) La *curvatura focal* producirá un enfoque correcto al centro del campo visual, que se irá perdiendo gradualmente hacia la periferia (o viceversa), aunque en buena medida el defecto dependerá del observador. Esta aberración resultará menos perceptible en las personas jóvenes, debido a que sus ojos acomodan mejor y pueden alcanzar una mayor profundidad de enfoque.
- 4) La *aberración cromática lateral*, *o color lateral*, representa la descomposición de la luz en el arcoíris de colores que la integran, de tal modo que una estrella blanca mostrará un lado azul y otro rojo al mirarse mediante un ocular. Es una aberración frecuente, y aunque resulta imperceptible en el centro del campo visual puede tornarse muy visible hacia los bordes.
- 5) Los *reflejos* implican un rebote de los rayos de luz ocasionado por los propios cristales del ocular. El resultado será un desparramamiento de luz a través del campo visual, como también imágenes falsas o fantasmas. Los reflejos de un ocular se notarán especialmente durante la observación telescópica de la Luna, cosa frecuente en ciertos oculares de tipo gran angular.
- 6) La *aberración esférica en la pupila de salida* (*kidney beaning*, en inglés) se presenta con frecuencia en oculares de amplio campo visual, incluyendo algunos muy costosos y de marcas renombradas. El defecto dependerá del posicionamiento exacto del ojo tras el ocular, llegando en ocasiones a producirse un ennegrecimiento que cubre una buena porción del campo.



Cuatro miradas a través de un ocular:

(1) vista perfecta sin aberraciones, (2) astigmatismo, (3) distorsión, y (4) curvatura focal. Crédito: © 2013 Armando Caussade, CC–BY–4.0. Reservados algunos derechos.

Las tres primeras aberraciones que he mencionado varían su efecto según el telescopio en que se emplee el ocular, y en la mayoría de los casos suelen aliviarse mediante el uso de instrumentos con una relación focal superior a f/8. Es inusual que un ocular muestre alguna aberración aislada, pues la norma sería ver el efecto combinado de varias. Evalúe con cuidado y procure no confundirse, ya que podrían también aparecer aberraciones producidas por el telescopio si el objetivo no fuera de una calidad razonable.

#### **Consideraciones principales**

La consideración principal en torno a la adquisición de un ocular sería que, dado la imposibilidad de producir una óptica perfecta, cada producto estará pensado y optimizado por el fabricante para una aplicación o especialidad particular. Dentro de la observación astronómica existen tres principales vertientes: (1) el espacio profundo, (2) los planetas, y (3) la Luna y el Sol. Esto significa que un ocular diseñado para disimular sus aberraciones en el espacio profundo las revelará de modo obvio en la Luna, y viceversa. Usted debería comprar tomando en cuenta el tipo de observación que pretenda realizar.

Veamos el primer caso. La observación de espacio profundo y de campos poblados por estrellas exige una óptica libre de astigmatismo y de curvatura focal, pues se trata de defectos que transformarán las estrellas en manchas difusas. Las demás aberraciones apenas afectarán objetos puntiformes como las estrellas, como la distorsión, que resulta imperceptible durante la observación de campos estelares. Entonces, sería lógico para un observador de galaxias, nebulosas y cúmulos de estrellas, seleccionar un ocular que exhiba alguna distorsión residual a uno que muestre astigmatismo o curvatura focal.

Los objetos del espacio profundo lucen vistosos cuando se les contempla mediante un ocular con gran campo visual, porque así podrá enmarcarse el cuerpo observado dentro de su entorno estelar inmediato; por este motivo los oculares de amplios campos resultan muy preciados en ese renglón de la astronomía. En efecto, tales oculares se diseñan y se fabrican con la intención expresa de suprimir el astigmatismo y la curvatura focal, para evitar que las estrellas queden deformadas o convertidas en borrones.

Actualmente se vende una infinidad de oculares de campo amplio, aunque a precios onerosos en la mayoría de los casos (US\$200 a US\$600 por unidad). Se trata de un mercado lucrativo, lo cual queda evidenciado por la tremenda publicidad que se le da a estos oculares. La volatilidad de este mercado dificulta ofrecer recomendaciones concretas, aunque al presente las líneas Explore Scientific 68-Degree Series (68°) y Meade Series 5000 Ultra Wide Angle (82°) ofrecen el mejor balance entre costo y calidad.

La observación planetaria constituye una situación diferente. Los planetas se muestran compactos y brillantes, lo cual se traduce en la necesidad de eliminar los reflejos y la aberración cromática. Los oculares de tipo Plössl ofrecen para este uso un rendimiento excelente, particularmente los de marca TeleVue. Los ortoscópicos de Abbe también son eficaces en la observación planetaria y gozan de gran popularidad, en especial los fabricados en Japón bajo la denominación Kokusai Kohki y distribuidos en la actualidad por Agena AstroProducts (aunque anteriormente lo fueron por otras firmas como Baader Planetarium y la desaparecida University Optics). Ninguno de estos oculares se caracteriza por su amplitud de campo, pues en realidad la observación planetaria no requiere de amplios campos visuales.

Vale la pena recordar que un ocular mostrará su imagen más corregida en el centro del campo visual, un hecho que resulta especialmente relevante cuando se realizan observaciones planetarias. Por lo tanto, un planeta bajo estudio por un observador debería siempre quedar situado en el medio del campo.

Por otro lado, la observación de la Luna y del Sol se nutre de una filosofía óptica completamente distinta. Pero antes de seguir advertiré que *nunca se debe mirar el Sol, pues la ceguera causada por la luz solar es incurable*. Jamás utilice los antiguos filtros solares diseñados para fijarse directamente en el ocular. Emplee únicamente los que se colocan al frente del telescopio y cubren la abertura completa.

La diferencia que presenta la Luna radica en la susceptibilidad de ésta hacia las aberraciones. Para ofrecer tres ejemplos específicos: 1) los oculares con grandes campos visuales mostrarán generalmente

una Luna ovalada, debido a la distorsión residual que con frecuencia estos presentan; además, 2) el intenso brillo de la Luna hará completamente obvia la aberración cromática de ciertos oculares; de otra parte, 3) la Luna será propensa a exhibir el ennegrecimiento característico de la aberración esférica en la pupila de salida. Ni siquiera los oculares más costosos logran escapar de todas estas aberraciones.

La observación telescópica de la Luna, e igualmente la del Sol, pondrá al desnudo la calidad óptica de un ocular y revelará cada uno de sus defectos. Dicho de otro modo, el estudio del Sol y de la Luna exigen una óptica muy cercana al ideal de la perfección. En mi opinión, el único producto que cumpliría cabalmente dicha expectativa sería el humilde ortoscópico de Abbe. Sobresale también en este ámbito, con un rendimiento casi perfecto, la ya descontinuada serie Celestron Ultima —la línea clásica, no la actual— que se mercadeó a partir del año 1990, y que luego fue imitada por toda una diversidad de marcas (i.e., Antares Elite, Baader Eudiascopic, Orion Ultrascopic, Parks Gold Series y otros).

En resumen, usted debería comprar tomando en cuenta el tipo de observación que pretenda realizar. Y jamás compre un ocular sin antes haber mirado por él, preferiblemente a través de su propio telescopio.

#### Otros factores a considerar

La realidad es que no existen oculares perfectamente versátiles que puedan resultar eficaces dentro de todos los ámbitos de observación; sin embargo, la referida línea Celestron Ultima quedaría como una de las más polifacéticas del mercado, seguida de cerca por la serie TeleVue Plössl. En ambos casos los costos resultan atractivos ya que rara vez superan los US\$120 por unidad. Podríamos decir que un juego de tres o cuatro oculares Ultima clásicos o TeleVue Plössl resultaría idóneo tanto para un principiante en la astronomía como para el experto. Y aunque ya retirada de los inventarios, la línea clásica Celestron Ultima se vendió ampliamente y se puede encontrar con facilidad en el mercado usado.

Evite a toda costa los oculares de focal variable (*zoom eyepieces*, en inglés). Con la posible excepción de la costosísima línea TeleVue Nagler Zoom, la calidad de estos productos resulta consistentemente pobre. El problema radica en la dificultad de alinear correctamente un sistema compuesto por lentes movibles, y el resultado será que la imagen nunca se verá tan definida como en un ocular fijo.

Existen también los *lentes de Barlow*, cristales con focal negativa que en la astrofotografía se usan para extender la longitud focal de un telescopio. En la astronomía visual el resultado será que, utilizados en conjunto con un ocular, multiplicarán los aumentos que éste produzca. Suena interesante, pero usted solo debería adquirir un Barlow después de haberlo evaluado minuciosamente en conjunto con los oculares y el telescopio que utilizará, pues la mayoría de las combinaciones producen un apreciable viñeteo. Resulta imposible adivinar lo que funcionará y lo que no, aunque es bien sabido que los Barlow de tubo largo sufren menos viñeteo que los cortos. Además, asegúrese que la unidad a comprar sea de calidad, pues de otro modo terminará introduciendo en su telescopio aberraciones innecesarias.

Importante: nunca adquiera un ocular basándose exclusivamente en el campo de visión que el mismo produzca. Cada día más se pretende aquilatar los oculares según su amplitud de campo, a pesar que esto nada tiene que ver con la calidad de la óptica. Invierta su dinero en rendimiento óptico más que en campo visual. Sepa también que para la mayoría de las personas resulta difícil percibir un campo mayor de 65° o 70° en una misma mirada. Observe con sus propios ojos y evalúe antes de comprar.

No se deje impresionar por el tamaño físico de un ocular o el de sus cristales. Una unidad con cilindro de 2 pulgadas no necesariamente superará en calidad óptica a una de 1.25 pulgadas. Tampoco puede

suponerse que un ocular con grandes cristales ofrecerá mayor comodidad o descanso al ojo. Pruebe antes de comprar y oriéntese de acuerdo a las especificaciones sobre *eye relief* que provea el fabricante.

De otra parte, si alguna vez ha escuchado decir que «el ocular es la mitad del telescopio», sepa que se trata de una aseveración engañosa. Ciertamente, usted debería adquirir los mejores oculares que su presupuesto le permita, pero sería mal negocio gastarse la mitad del dinero en oculares. Asegúrese que la tajada principal de la inversión se la lleve el telescopio y que la compra vaya dirigida específicamente a obtener un objetivo de calidad. Un ocular sencillo junto con un magnífico objetivo le dará buen rendimiento, pero el mejor ocular del mundo jamás remediará las deficiencias de un objetivo mediocre.

#### **Comentarios finales**

Como indiqué en mi artículo sobre telescopios, manténgase alerta y no se deje engañar por tácticas de mercadeo. Esto resulta más cierto aún en el mercado de oculares, dado el mayor margen de ganancia generado por dichas ventas; si no me cree, consulte usted los catálogos de cualquier distribuidor y verá mayor mercadeo de oculares que de telescopios. Le aconsejo encarecidamente que antes de comprar, verifique de modo independiente la calidad óptica alegada por el vendedor o el fabricante.

A estos efectos recomiendo la página web *Cloudy Nights* (<a href="http://www.cloudynights.com/">http://www.cloudynights.com/</a>) que publica revisiones imparciales de telescopios y accesorios, pues le permitirá informarse antes de comprar. Una consulta le costará solo un poco de tiempo y algún conocimiento de inglés, pero le ahorrará bastante dinero. Existen allí amplios foros donde pueden hacerse preguntas, y personalmente puedo decir que nunca he comprado nada sin antes consultar en dicha web. Además, sugeriría al lector que rebusque entre los artículos y los foros, pues encontrará varios textos publicados por este autor y sus colegas.

También sugiero al lector la posibilidad de acudir a una observación nocturna organizada por astrónomos aficionados, como las que realiza la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR), una institución a la que pertenezco desde sus inicios en 1985 y que dirigí por varios años. Durante estas sesiones usted podrá utilizar y comparar oculares de diversas marcas y estilos. Le invito a visitar la página web de la SAPR <a href="http://www.astronomiapr.net/">http://www.astronomiapr.net/</a> y <a href="http://www.facebook.com/saprinc/">http://www.facebook.com/saprinc/</a>) para ver el calendario de eventos públicos, que se realizan periódicamente en diversos lugares de la isla.

Mi mejor consejo —y no me cansaré de repetirlo— sería evaluar antes de comprar. Dicho esto, le deseo éxito en la adquisición de sus oculares, y ¡cielos siempre despejados! ■

#### 3. Fórmulas sobre telescopios que todo astrónomo aficionado debe saber

Por Armando Caussade, 12 de junio de 2016. Material inédito para la 4.ª edición de este libro, publicada el 21 de junio de 2017.

Una de las recomendaciones ofrecidas por los lectores ha sido la de reunir las fórmulas utilizadas en los primeros dos capítulos de este libro, relacionadas con la óptica de los telescopios, y formar con ellas un capítulo aparte. Me ha parecido una idea excelente y además de recopilarlas, he aprovechado para añadir algunas ecuaciones adicionales que también podrían ser de utilidad para el principiante.

Las unidades que emplearé son métricas, y comencemos por recordar que un metro equivale a mil milimetros. Para convertir milímetros en pulgadas, se dividirá por 25.4, y para convertir pulgadas en milimetros, se multiplicará por 25.4. Y en lo sucesivo durante este capítulo las expresiones *longitud focal* y *largo focal* se utilizarán como sinónimos, como asimismo *campo de vista* y *campo visual*.

#### FÓRMULAS DEL CAPÍTULO 1

#### 1. Relación focal de un telescopio

La *relación focal* de un telescopio se refiere a la razón obtenida mediante división de la longitud focal por la abertura, o sea, N = F/A, donde N será la relación focal, F la longitud focal en milímetros, y A la abertura en milímetros. A la relación focal se le denomina también como *número* f.

Por ejemplo, un telescopio reflector cuya longitud focal sea 1,200 milímetros, y cuya abertura sea de 150 milímetros (medidas comunes en ciertos instrumentos de tipo Newton), tendrá una relación focal exactamente igual a 8. Dicha relación focal se escribirá como f/8 y se leerá como "efe ocho".

Es importante aquí aclarar la nomenclatura en los ámbitos respectivos de la fotografía y la astronomía. En los lentes de cámara al número f se le refiere con frecuencia como "abertura", lo cual en astronomía puede causar confusión. En el contexto de un telescopio, al número f se le llamará siempre *relación focal*.

#### 2. Longitud focal de un telescopio

Con frecuencia suele referirse a los telescopios como "refractor de 100 milímetros a f/14", o "reflector de 200 milímetros a f/7". En estos casos donde la longitud focal no aparece explícita, podrá calcularse mediante la relación  $\mathbf{F} = \mathbf{N} \cdot \mathbf{A}$ , que no es sino la inversa de la ecuación explicada en el ejercicio anterior. En esta fórmula F será la longitud focal en milímetros, A la abertura en milímetros, y N la relación focal.

Conviene recordar que en los telescopios refractores y en los reflectores de Newton, la longitud focal del instrumento corresponde aproximadamente a la extensión del tubo, medido de un extremo a otro.

En los ejemplos anteriores se obtendrá una longitud focal de 1,400 milímetros para ambos telescopios. Conviene recordar que en la gran mayoría de los instrumentos clásicos —particularmente los refractores

acromáticos y los reflectores de tipo Newton— la longitud focal corresponderá aproximadamente a la extensión del tubo y podrá estimarse con solo mirar el instrumento.

#### 3. Aumento máximo de un telescopio

Existe un límite práctico en los aumentos, que será la abertura expresada en milímetros y multiplicada por dos. La fórmula sería  $\mathbf{M} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{2}$ , donde M corresponde al aumento máximo del telescopio, y A a la abertura en milímetros.

Por ejemplo, un telescopio de 150 milímetros podrá alcanzar hasta 300 aumentos. Un objetivo podría admitir oculares que superen a este límite, pero aun cuando la imagen pudiera lucir más grande no se verá mejor ni revelará más detalles.

#### FÓRMULAS DEL CAPÍTULO 2

#### 4. Aumentos producidos en un telescopio por un ocular particular

El aumento producido en un telescopio por un ocular particular será determinado por la fórmula  $\mathbf{M} = \mathbf{F}$  /  $\mathbf{f}$ , donde  $\mathbf{M}$  corresponde al aumento generado,  $\mathbf{F}$  será la longitud focal del objetivo, y  $\mathbf{f}$  será el largo focal del ocular empleado.

Cuando decimos que un ocular produce 50 aumentos, significa que aumentará el diámetro de la imagen unas 50 veces. Esto se ha convenido en escribirlo como 50×, lo cual podrá leerse como "cincuenta equis" o "cincuenta aumentos".

Por ejemplo, ¿cuál será el aumento producido en un telescopio cuyo objetivo mida 910 milímetros de longitud focal, por un juego de cuatro oculares cuyos respectivos largos focales sean 32, 20, 12 y 7 milímetros? Los aumentos serán 28×, 46×, 76× y 130×, respectivamente.

Para emplear un lente de Barlow se aplicará el multiplicador indicado por el fabricante al aumento que genere el ocular. Por ejemplo, un Barlow de 2× duplicará el aumento de cualquier ocular, mientras que uno de 3× lo triplicará.

#### 5. Largo focal de un ocular de microscopio que se utilizará en un telescopio

En un telescopio pueden también utilizarse oculares fabricados para microscopios. Aunque el largo focal de dichos oculares no se da explícitamente, puede calcularse mediante la relación  $\mathbf{f} = 250 / \mathbf{m}$ , donde  $\mathbf{f}$  sería el largo focal en milímetros, y  $\mathbf{m}$  la potencia del ocular en cuestión según indicada por el fabricante.

Por ejemplo, para un juego de cuatro oculares cuya potencia aparezca señalada como 7×, 10×, 15× y 20× (potencias comunes en los lentes para microscopio), los largos focales serán 35.7, 25.0, 16.7 y 12.5 milímetros, respectivamente.

#### 6. Campo de vista real de un ocular, dado el campo aparente y el aumento

El campo de vista real de un ocular se calcula mediante la fórmula  $\mathbf{c} = \mathbf{C}/\mathbf{M}$ , donde  $\mathbf{c}$  representaría el

campo visual real según observado en el cielo, **C** el campo de vista aparente del ocular según indicado por el fabricante, y **M** el aumento producido conjuntamente por el telescopio y el ocular en cuestión.

Por ejemplo, ¿cuál será el campo real generado por un ocular tipo Plössl con 50° de campo aparente, y por otro de tipo gran angular con 70°? A estos efectos, supondremos que ambos oculares poseen igual largo focal, y que acoplados a un telescopio cada uno proveerá 50×. El campo real será 1.0° y 1.4°, respectivamente.

#### FÓRMULAS ADICIONALES

#### 7. La pupila de salida en telescopios y binoculares

La *pupila de salida* (antiguamente denominada *disco de Ramsden*) se refiere al diámetro del haz de luz que será proyectado hacia el ojo del observador por un ocular cualquiera, lo cual determinará la luminosidad aparente o relativa de la imagen. Existen dos fórmulas que pueden utilizarse, una para telescopios y otra para prismáticos, pero en realidad ambas pueden emplearse indistintamente.

El diámetro de la pupila de salida producida en un telescopio por un ocular particular será determinado por la fórmula P = f/N, donde P corresponde a la pupila de salida expresada en milímetros, f será el largo focal del ocular en cuestión, y N será la relación focal del instrumento.

La pupila de salida en un binocular será determinada por la fórmula P = A/M, donde P corresponde a la pupila expresada en milímetros, A será la abertura del prismático en milímetros, P será el aumento señalado para el instrumento.

Por ejemplo, en un telescopio cuya relación focal sea f/11, un ocular de 9 milímetros producirá una pupila de salida con diámetro de 0.81 milímetros, mientras que en un binocular 8×40 (el primer número representa el aumento, y el segundo la abertura) el diámetro de la pupila será exactamente 5 milímetros.

El aumento producido en un telescopio por un ocular particular podrá también determinarse empleando el concepto de salida pupila, mediante el uso de la fórmula  $\mathbf{M} = \mathbf{A}/\mathbf{P}$ , donde  $\mathbf{M}$  corresponde al aumento generado,  $\mathbf{A}$  será la abertura del instrumento en milímetros, y  $\mathbf{P}$  corresponde a la pupila de salida (expresada en milímetros) que producirá el ocular en cuestión.

Por ejemplo, en un telescopio con 80 milímetros de abertura, y que venga equipado con un ocular que le provea una pupila de salida con diámetro de 0.81 milímetros, el aumento producido será 99×. Empleando las fórmulas anteriores, resulta que este aumento corresponde a un ocular de 9 milímetros.

#### 8. Aumento mínimo de un telescopio, según la pupila de salida

El aumento mínimo que podría utilizar un telescopio dependerá principalmente de las características en el ojo del observador, más que del telescopio mismo.

Suponiendo que la pupila de un observador —cuando éste acerque su ojo un ocular — llegara a medir 7 milímetros (el valor tradicionalmente aceptado), el aumento mínimo del telescopio será dado por la fórmula  $\mathbf{M} = \mathbf{A}/\mathbf{7}$ , pero adoptando una pupila de 5 milímetros (un valor más realista) el aumento mínimo será  $\mathbf{M} = \mathbf{A}/\mathbf{5}$ . Estas ecuaciones podrían generalizarse bajo la expresión  $\mathbf{M} = \mathbf{A}/\mathbf{p}$ , donde  $\mathbf{M}$ 

corresponde al aumento mínimo del telescopio, **A** será la abertura del instrumento en milímetros, y **p** será el diámetro máximo alcanzable por la pupila del aficionado.

La variable **p** se relaciona en parte con la oscuridad del lugar donde esté emplazado el telescopio, pero vendrá determinada mayormente por la edad del observador. El valor de **p** disminuye gradualmente desde 8 milímetros a los 15 años, hasta 4 a los 75 años, pero estas cifras son aproximadas y se reportan grandes variaciones.

En síntesis, el aumento mínimo será aquel donde la pupila de salida iguale —pero nunca supere— la pupila del ojo, pues de lo contrario una fracción de la luz captada por el telescopio nunca será recibida por los ojos del observador.

### 9. Oculares necesarios para dar en un telescopio el aumento mínimo y máximo, según la relación focal del instrumento

El largo focal de los oculares que se requerirán para producir en un telescopio el aumento mínimo y máximo será determinado por la relación focal del instrumento. Se utilizarán, respectivamente, las fórmulas siguientes:  $\mathbf{f} = \mathbf{N} \cdot \mathbf{5}$  y  $\mathbf{f} = \mathbf{N}/2$ . En estas ecuaciones  $\mathbf{f}$  corresponderá al largo focal en milímetros del ocular que resultará necesario, y  $\mathbf{N}$  será la relación focal del telescopio en cuestión.

Por ejemplo, para un telescopio —de cualquier tipo o abertura— cuya relación focal sea f/10, el aumento mínimo será producido por un ocular de 50 milímetros, mientras que el aumento máximo corresponderá a un ocular de 5 milímetros.

Al igual que en el ejercicio anterior, supondremos que  $\mathbf{p}$  valdrá 5. De otro modo, la ecuación para el aumento mínimo podría generalizarse según la forma  $\mathbf{f} = \mathbf{N} \cdot \mathbf{p}$ , donde  $\mathbf{p}$  será el diámetro que pudiera llegar a alcanzar la pupila del observador.

Este ejercicio es interesante porque demuestra que no siempre podrá el mercado suplir los oculares que ciertos telescopios pudieran exigir para alcanzar su aumento máximo o mínimo. Para citar algunos casos, hay refractores pequeños cuya relación focal de f/15 requerirá un ocular de 75 milímetros para llegar a su mímimo, mientras que algunos reflectores de enorme diámetro que se fabrican a f/4 necesitarán oculares de apenas 2 milímetros para alcanzar su máximo.

#### 10. Captación de luz en un telescopio relativa al ojo, o a otro instrumento

Si aceptamos como diámetro máximo de la pupila humana el valor de 5 milímetros, entonces un telescopio de 200 milímetros tendrá una abertura 40 veces mayor que el ojo humano. La captación de luz en este objetivo (versus la pupila del observador) alcanzará unas 1,600 veces, exactamente el cuadrado de 40.

La fórmula sería  $L = (A/5)^2$ , donde L será la ganancia en captación de luz por el telescopio relativa al ojo del observador, y A será la abertura en milímetros.

Para comparar la captación de luz entre dos instrumentos de distinta abertura se utilizará la relación generalizada  $L = (A_1/A_2)^2$ , donde L será la ganancia en captación de luz por el primer telescopio relativa al segundo telescopio, mientras que  $A_1$  y  $A_2$  serán las aberturas respectivas de los instrumentos, ambas expresadas en milímetros y siendo la primera la de mayor diámetro.

Por ejemplo, un telescopio de 150 milímetros captará cuatro veces más luz que uno de 75 milímetros. Esto ocurre porque el objetivo de 150 milímetros posee un diámetro que duplica al de 75 milímetros, y en términos de área significará que la superficie colectora de luz en este cristal crecerá en un factor de cuatro.

#### 11. Límite aproximado de magnitud alcanzable por un telescopio

Aunque la magnitud estelar alcanzable por un telescopio depende de muchos factores, el más importante será su abertura. La fórmula indicada a continuación proveerá una aproximación razonable para este límite:  $L_t = L_0 - 3.3 + 5.5 \log A$ .

En esta ecuación  $L_t$  representa la magnitud alcanzable por un telescopio,  $L_0$  corresponde a la magnitud alcanzada a simple vista por el observador (en el lugar donde esté ubicado el instrumento), y A corresponde a la abertura en milímetros.

Por ejemplo, un telescopio de 100 milímetros que esté instalado bajo un cielo suburbano que a simple vista muestre estrellas de magnitud 4.5, alcanzará una magnitud aproximada de 12.2. De otra parte, un telescopio de 200 milímetros que se utilice bajo condiciones excepcionales, en que el observador logre apreciar estrellas de magnitud 6.5, alcanzaría una magnitud aproximada de 15.6.

#### 12. Resolución de un telescopio, según el límite de Dawes

La resolución de un telescopio, es decir, su capacidad para discernir pequeños detalles en la imagen, está determinada únicamente por su abertura.

La fórmula será **R** = 116/A, donde **R** corresponde a la resolución en segundos de arco, y **A** será la abertura en milímetros. Por ejemplo, un telescopio de 80 milímetros podrá resolver detalles tan pequeños como 1.45 segundos de arco.

Aunque existen otros métodos para calcular la resolución, se da aquí la fórmula estándar denominada *límite de Dawes*. Los resultados obtenidos mediante esta ecuación son especialmente útiles para la observación de estrellas dobles.

#### 4. Cálculo del diámetro de una estrella

Por Armando Caussade, junio de 1991. Revisado extensamente el 29 de agosto de 1999.

Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, julio de 1991. Reimpreso con extensas revisiones en *El Observador*, septiembre de 1999.

Para calcular el diámetro lineal de una estrella, necesitamos solamente saber su magnitud absoluta, su temperatura efectiva y su corrección bolométrica. Y si en lugar de la magnitud absoluta conocemos la magnitud aparente, podríamos entonces calcular el diámetro angular aparente de la estrella en el cielo.

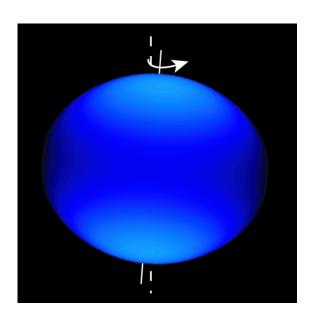
Sugiero emplear la fórmula utilizada por el astrónomo Daniel M. Popper en su artículo "Stellar Masses" (*Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, edición de 1980, páginas 115 a 164). Aunque dicho artículo no aborda específicamente el tema del diámetro estelar —más bien, el cálculo de la masa en los sistemas binarios de tipo eclipsante— los datos y fórmulas que ofrece Popper son más que apropiados para obtener una buena aproximación del diámetro de una estrella.

La fórmula es la siguiente:  $\log R = -0.2 M_v - 2 F_v + 0.2 C_1$ 

Donde **log** significa logaritmo común (de base 10); **R** es el diámetro de la estrella, expresado en unidades solares;  $\mathbf{M_v}$  es la magnitud absoluta de la estrella, en filtro fotométrico **V** y expresada en la escala estándar de magnitudes estelares;  $\mathbf{F_v}$  representa una función proporcional a la luminosidad superficial de la estrella; y  $\mathbf{C_1}$  es una constante definida por el Sol, cuyo valor sería de 42.3615 (Popper emplea el valor de 42.255).

Por supuesto, esta fórmula constituye solo una La ecuación parte de tres premisas aproximación. relevantes: (a) que el espectro de una estrella quedaría perfectamente ajustado al de un cuerpo negro —no un agujero negro, sino lo que en inglés se denomina como blackbody—; esto resulta generalmente cierto, aunque no del todo; (b) que las estrellas serían exactamente esféricas, cosa que no siempre ocurre; en las estrellas de espectro temprano —tipos O, B v A— se observa achatamiento debido a las altas velocidades de rotación; y (c) que la temperatura efectiva de las estrellas sería uniforme sobre toda la superficie fotosférica, lo cual no siempre será cierto; en los polos de la estrella Vega, por ejemplo, se ha detectado una mayor luminosidad, y por ende, temperatura.

Retornando a la fórmula, vemos que la función de luminosidad superficial utilizada por Popper  $(\mathbf{F}_v)$  representaría una medición del brillo de la estrella por unidad de área. Dicha función se puede redefinir de la siguiente forma:  $\mathbf{F}_v = \log T + 0.1$  BC



Vega, estrella ovalada y con temperatura fotosférica desigual. Crédito: CHARA, J. Aufdenberg (NOAO / AURA / NSF).

Donde **T** es la temperatura efectiva de la estrella, expresada en kelvin; y **BC** es su corrección bolométrica, expresada en la escala de magnitudes estelares. Se toma en cuenta la corrección bolométrica para poder vincular la luminosidad específica de una estrella en la franja **V** del espectro (centrada en 551 nanómetros), con su luminosidad total a lo largo del espectro.

Sería útil, incluso, redefinir la fórmula de Popper en términos de T y BC, mejor que utilizar la función  $F_v$ . Quedaríamos entonces con la ecuación siguiente:  $log R = -0.2 M_v - 2 log T - 0.2 BC + C$ 

Donde C es una constante con el valor de 8.4723, es decir, una quinta parte de C<sub>1</sub>. Esta será la fórmula que en definitivo utilizaremos.

Según mencionado al principio, la determinación del diámetro requiere el conocimiento previo de tres cantidades:  $M_v$ , T y BC. Para obtener el valor de  $M_v$  para una estrella cualquiera, bastará consultar cualquier catálogo estelar. Los valores de T y BC son algo más difíciles de averiguar, pero si de entrada se conociera la clasificación espectral de la estrella (que usualmente aparece también indicada en los catálogos) podríamos obtener una aproximación de T y BC utilizando las equivalencias que coloco a continuación:

#### ESTRELLAS DE SECUENCIA PRINCIPAL (CLASE V)

Espectro	BC	T			
07	-3.60	38,500			
В0	-2.96	29,900			
B2	-2.36	23,100			
B5	-1.44	15,500			
A0	-0.15	9,400			
A5	-0.02	8,150	ESTRELLAS (	GIGANTES	(CLASE III)
F0	-0.01	7,000			
F5	-0.03	6 <b>,</b> 450	Espectro	BC	T
G0	-0.10	5 <b>,</b> 920	G0	-0.13	5 <b>,</b> 790
G5	-0.14	5 <b>,</b> 780	G5	-0.34	4,740
K0	-0.24	5,180	K0	-0.42	4,330
K5	-0.66	4,300	K5	-1.19	3 <b>,</b> 760
MO	-1.21	3,800	MO	-1.28	3 <b>,</b> 750
M2	-1.75	3,600	M2	-1.52	3 <b>,</b> 660
M5	-2.59	3,260			
M8	-4.00	2,620			

Los números que aparecen en la tabla anterior han sido extraídos del artículo de Popper, arriba citado. Dicho artículo presenta un cuadro más extenso, el cual podría consultarse cuando se desee una mejor aproximación. Obsérvese que se utilizan valores distintos para las estrellas gigantes, debido principalmente al enrarecimiento del plasma estelar —entiéndase menor densidad— en estas últimas.

El asunto de la temperatura es uno muy interesante y sobre el cual se ha escrito ampliamente en las publicaciones profesionales. Un artículo en particular, "The Effective Temperature Scale" por Erika Böhm-Vitense, resulta de gran interés porque incluye varios cuadros donde se indican los valores de temperatura estelar, obtenidos tanto en función directa del espectro como del índice de color en escala **B–V**. Este artículo apareció en la edición de 1981 del *Annual Review of Astronomy & Astrophysics* (páginas 295 a 318) y su lectura es imprescindible para el interesado en el tema.

Pasemos ahora a calcular un diámetro estelar. A continuación pongo un ejemplo.

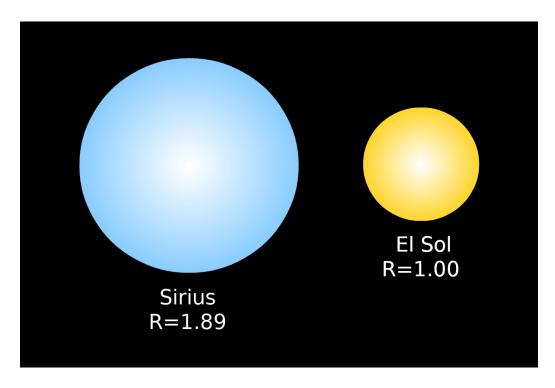
Según la edición de 1996 del *Observer's Handbook* —anuario publicado por la Real Sociedad Astronómica del Canadá— la estrella Sirius tiene una magnitud absoluta ( $M_v$ ) de +1.4, y un espectro de tipo A0. De este último dato se desprende, según la tabla que aparece más arriba, que T sería 9,400 y que C sería -0.15. Sustituyendo estos valores en la fórmula, obtendríamos lo siguiente:

$$\log R = -0.2 (+1.4) - 2 \log (9,400) - 0.2 (-0.15) + 8.4723$$

$$\log R = -0.28 - 7.9462 + 0.03 + 8.4723$$

$$\log R = 0.2761$$

$$R = 1.89$$



La estrella Sirius y el Sol, dibujados a escala. Crédito: © 2014 Armando Caussade, CC-BY-4.0. Reservados algunos derechos.

El diámetro aproximado de Sirius resulta, entonces, de 1.89 unidades solares. Dicho de otra manera, el resultado sería de 2.63 millones de kilómetros, teniendo en cuenta que el Sol posee un diámetro de 1.39 millones de kilómetros.

Será posible también calcular el diámetro angular que sostiene una estrella en el cielo. Para esto emplearíamos una fórmula muy parecida, que en efecto se deriva de la anterior y donde el único cambio significativo sería reemplazar la magnitud absoluta de una estrella por su magnitud aparente. La ecuación a utilizar terminaría siendo la siguiente:  $\log r = -0.2 \text{ V} - 2 \log T - 0.2 \text{ BC} + \text{S}$ 

Donde **r** es el diámetro angular de la estrella, en milésimas de segundo de arco; **V** es la magnitud aparente de la estrella, en filtro fotométrico **V** y expresada en la escala de magnitudes estelares; **T** es la temperatura efectiva de la estrella, expresada en kelvin; **BC** es su corrección bolométrica, expresada en la escala de magnitudes estelares; y **S** es una constante con valor de 8.4412.

Realicemos un ejemplo, empleando la misma estrella.

Según la edición de 1996 del *Observer's Handbook*, la magnitud aparente (**V**) de Sirius es de -1.46 (por cierto, se trata de la estrella más brillante en el cielo). **T** seguiría siendo 9,400 y **BC** igualmente sería -0.15, por lo cual la ecuación se resolvería así:

$$\log r = -0.2 (-1.46) - 2 \log (9,400) - 0.2 (-0.15) + 8.4412$$

$$\log r = 0.292 - 7.9462 + 0.03 + 8.4412$$

$$\log r = 0.817$$

$$r = 6.56$$

El diámetro angular de Sirius resulta, entonces, de aproximadamente 6.56 milésimas de segundo de arco. Esto demuestra cuán diminutas lucen las estrellas en el cielo, y explica también porqué un telescopio de aficionado —cuya resolución apenas excedería un segundo de arco, en el mejor de los casos— no llegaría a resolver jamás un disco estelar.

Como referencia, el diámetro angular del Sol sería —en promedio— unos 1,930 segundos de arco, y el de las lunas galileanas de Júpiter, entre 1 y 2 segundos. ■

#### Referencias

Garrison R. F. (1985), "The Brightest Stars", *Observer's Handbook 1986*, p:189, The Royal Astronomical Society of Canada.

Böhm-Vitense E. (1981), "The Effective Temperature Scale", *Annual Review of Astronomy and Astrophysics 1981*, v:19 p:295–318. Existe versión digital en <a href="http://adsabs.harvard.edu/full/1981ARA%26A..19..295B">http://adsabs.harvard.edu/full/1981ARA%26A..19..295B</a>>.

Popper, D. M. (1980), "Stellar Masses", *Annual Review of Astronomy and Astrophysics 1980*, v:18 p:115–164. Existe versión digital en <a href="http://adsabs.harvard.edu/full/1980ARA%26A..18..115">http://adsabs.harvard.edu/full/1980ARA%26A..18..115</a>>.

#### 5. El Voyager 1 y los confines del Sistema Solar

Por Armando Caussade, 28 de septiembre de 2013. Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, octubre de 2013.

El 12 de septiembre de 2013 la NASA anunció que el Voyager 1 había abandonado nuestro Sistema solar y se había internado definitivamente en el espacio interestelar. En cualquier caso el Voyager 1 ya habría dado este paso un año antes, hacia agosto de 2012. Naturalmente, los científicos del Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL, por su sigla en inglés) quisieron tomar su tiempo para analizar minuciosamente los datos enviados por la sonda y así realizar un anuncio firme y certero.

El Voyager 1 y su gemelo, el Voyager 2, representan las sondas más productivas jamás empleadas en la exploración espacial. Entre ambas se realizó el Gran Recorrido (*Grand Tour*, en inglés) que entre 1979 y 1989 visitó los cuatro planetas jovianos de nuestro Sistema Solar. Dicho recorrido propició el descubrimiento del anillo de Júpiter y de los volcanes en la luna Io. También se observó el anillo de Saturno desde cerca, y se obtuvieron las primeras imágenes detalladas de la luna Titan con su atmósfera, como asimismo de los planetas Urano y Neptuno.

#### Los confines del sistema solar

El concepto de límite o frontera en el Sistema Solar se puede definir de dos formas distintas: (1) el límite delineado por la gravedad del Sol, el cual alcanzaría más allá de la propuesta nube de Oort, hasta unas 120,000 unidades astronómicas o dos años luz de distancia; y/o (2) el alcance máximo del viento solar, el cual sería de unas 120 unidades astronómicas según los datos arrojados recientemente por el Voyager 1. Por supuesto, esta segunda frontera es la que ahora nos interesa.

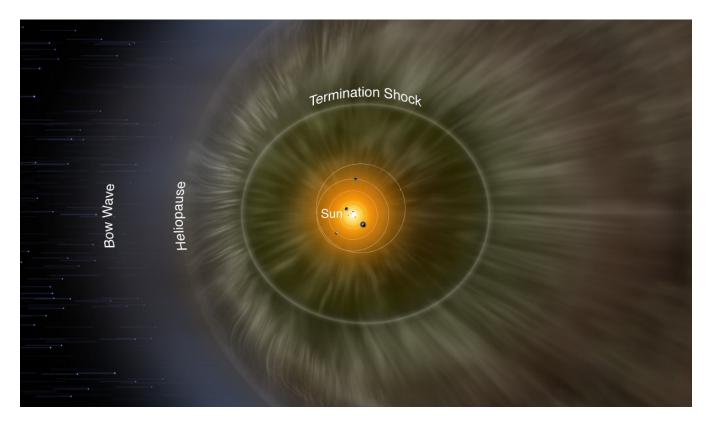
El viento solar es un flujo de fragmentos de átomos, procedente del Sol y emitido continuamente en todas direcciones a una velocidad media de unos 450 kilómetros por segundo. La intensidad de este flujo varía conforme al ciclo magnético solar cuya duración promedia los once años. Su composición es de un 90% de núcleos de hidrógeno —protones solitarios, en la gran mayoría de los casos—, contabilizándose también algunos núcleos de helio y electrones sueltos. Dicha composición delata perfectamente la procedencia del flujo: la corona solar.

El espacio alcanzado por el viento solar conforma una especie de atmósfera enrarecida, a la cual denominamos *heliosfera*. Se podría también definir la heliosfera como una burbuja de plasma en torno al Sol. Existe, además, la *heliopausa*, límite con la forma aproximada de una lágrima —más redondo y reducido en la dirección de movimiento del Sol, hacia la constelación Lyra— que marca el término de la heliosfera. En la heliopausa ocurriría el encuentro del viento solar con los gases y plasmas del medio interestelar.

Además de la heliopausa se han propuesto otros dos límites, uno interior y otro exterior: el frente de choque (termination shock, en inglés), donde comenzaría a sentirse el flujo del material interestelar, aunque aún predominaría la influencia del Sol; y el arco de choque (bow shock, en inglés), frontera hipotética donde cesaría definitivamente el viento solar. Aunque se han observado arcos de choque en torno a otras estrellas, los datos obtenidos en 2012 por la misión Interstellar Boundary Explorer (Explorador de la Frontera Interestelar, en español) apuntan a que dicha estructura no existe —o apenas

existe— en el caso de nuestro Sol.

Conviene, sin embargo, recalcar que el Sol extiende su influencia gravitatoria mucho más allá de la heliosfera. Varios objetos transneptunianos —Sedna, notablemente— rebasan con sus órbitas la heliopausa, distante en unas 120 unidades astronómicas. Dicho de otro modo, estos astros completarían al menos una parte de su recorrido dentro del espacio interestelar, aunque aún quedarían firmemente sujetos a la gravedad solar.



Pintura que muestra la heliosfera, con la heliopausa y el frente de choque ("termination shock"). Crédito: NASA / IBEX / Adler Planetarium.

#### La travesía del Voyager 1

El Voyager 1 inició su travesía en 1977, y ha viajado más lejos que ningún otro objeto fabricado por el ser humano. Constituye también la sonda más rápida jamás utilizada, con una velocidad de 17 kilómetros por segundo. Junto con el Voyager 2 integra la misión más antigua aún mantenida en operaciones por la NASA.

Hay que mencionar que varios instrumentos instalados en la sonda se han dañado con el paso de los años, o han sido desconectados a control remoto desde la Tierra con tal de conservar energía. Por ejemplo, el espectrómetro de plasma a bordo del Voyager 1 —instrumento que habría sido clave para analizar el viento solar y por ende, sondear los límites de la heliosfera— se averió en 1990. En diciembre de 2004 la sonda detectó cambios magnéticos que se interpretaron como una disminución de velocidad en el viento solar, y que parecían señalar el encuentro con el frente de choque. Este hecho costó trabajo de comprobar —y el anuncio no se realizó sino hasta mayo de 2005— ya que faltando el espectrómetro

de plasma, se debió utilizar otros instrumentos no exactamente diseñados para estudiar el viento solar. Los datos eran muy indirectos, y por tanto, ambiguos.

Durante el año 2012 y culminando en el mes de agosto, el Voyager 1 comenzó a percibir un aumento significativo en la intensidad de los rayos cósmicos. Dichos rayos, de origen exclusivamente extrasolar, delataron el ingreso de la sonda en el espacio interestelar. Este hallazgo, sumado a las mediciones indirectas obtenidas por el instrumento de oscilación de plasma —que detectó débiles vibraciones en el viento solar provocadas por una eyección de masa coronaria en el Sol, ocurrida en marzo de 2012—, permitió concluir que la sonda rebasó la heliopausa y que había abandonado definitivamente el Sistema Solar. Esto ocurrió en agosto de 2012.

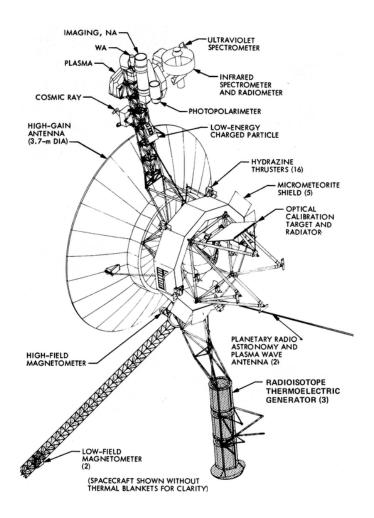


Diagrama del Voyager 1. Crédito: NASA / JPL.

#### Expectativas para la misión Voyager

En octubre de 2013, el Voyager 1 se encontrará a unas 126 unidades astronómicas (casi 19 mil millones de kilómetros) del Sol. En la esfera celeste se ubicaría aproximadamente a dos grados al sur de la estrella α Herculis (Rasalgethi), justamente en el límite entre las constelaciones de *Hercules* y *Ophiuchus*. Aunque su distancia aumenta continuamente, la localización en el cielo apenas cambia.

Se espera que los instrumentos instalados a bordo del Voyager 1 resulten útiles durante aproximadamente diez años más. Se pretende de este modo auscultar la densidad y composición del medio interestelar, e igualmente, indagar sobre la intensidad energética y posible origen de los rayos cósmicos. El origen preciso de estos rayos constituye actualmente uno de los enigmas de la astronomía.

De otra parte, se estima que el Voyager 2 alcanzaría la heliopausa hacia el año 2016. La ventaja de esta sonda radica en que sus instrumentos se encuentran en mejor condición que los de su nave gemela. Por ejemplo, el Voyager 2 aún conserva su espectrómetro de plasma, por lo cual resultaría lógico esperar una mejor calidad de datos que los recibidos hasta el día de hoy desde el Voyager 1. ■

#### Referencias

Anónimo n.º 1 (sin fecha), "Heliosphere", *Wikipedia*, <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Heliosphere">http://en.wikipedia.org/wiki/Heliosphere</a>, consultado en 2013–09–24.

Anónimo n.º 2 (sin fecha), "Voyager 1", *Wikipedia*, <<u>http://en.wikipedia.org/wiki/Voyager\_1</u>>, consultado en 2013–09–28.

Cook J. C., Brown D. C. (2013–09–12), *Spacecraft Embarks on Historic Journey Into Interstellar Space* (parte de prensa), NASA, <a href="http://www.nasa.gov/mission\_pages/voyager/voyager20130912.html">http://www.nasa.gov/mission\_pages/voyager/voyager20130912.html</a>>, consultado en 2013–09–20.

NASA / Jet Propulsion Laboratory (sin fecha), *Voyager Location in Heliocentric Coordinates*, <a href="http://voyager.jpl.nasa.gov/science/Vgrlocations.pdf">http://voyager.jpl.nasa.gov/science/Vgrlocations.pdf</a>>, consultado en 2013–09–20.

Vergano D. (2013–09–20), Voyager 1 Leaves Solar System, NASA Confirms, <a href="http://news.nationalgeographic.com/news/2013/13/130911-voyager-interstellar-solar-system-nasa-science-space/">http://news.nationalgeographic.com/news/2013/13/130911-voyager-interstellar-solar-system-nasa-science-space/</a>, consultado en 2013–09–24.

# 6. Mire las estrellas, pero lejos de la orilla

Por Armando Caussade, 31 de enero de 2017. Artículo original para la revista náutica *La Regata*, ejemplar núm. 1 del año 2017.

Pebrero y marzo —época de cielos despejados en toda la cuenca del Caribe— son los meses en que las estrellas del cielo se muestran con su mayor esplendor.

¡Qué mejor forma de pasar un rato agradable una de estas noches que salir afuera después del atardecer, y contemplar esos luceros que tanto impresionaban a la gente! Mejor aún, vaya a una playa o tome su embarcación lejos de la orilla, donde los efectos de la contaminación lumínica serán mucho más leves. También puede allegarse hasta las playas de nuestras islitas y cayos, las cuales son ideales para observar el cielo estrellado y la tradicional luna llena, que ya tiene un sitial muy arraigado entre los boteros.

Para los que vivimos en el trópico del hemisferio norte, nuestra localización geográfica permitirá observar ocho de las veintidós estrellas más brillantes a simple vista, cosa que solo será posible en este tiempo del año y en este sitio particular del globo terráqueo. A través de esta artículo haremos un recorrido corto que servirá para aprender a localizar y a identificar algunos de estos astros en la esfera celeste.

Las estrellas *Sirius* y *Canopus*, las más brillantes del cielo y reconocidas por su perfecto color blanco, aparecerán directamentemente sobre el sur, a unos 55 grados de altura y 19 grados, respectivamente, entre las 9:00 pm y las 9:30 pm de la noche. Por su intenso brillo, estas dos estrellas son inconfundibles y la referencia a su elevación es fácil de comprender visualizando que 10 grados no es otra cosa sino la medida de un puño extendido al máximo.

También será posible identificar la constelación de *Orion*, la cual representa un rectángulo de 8 por 16 grados que rodea las famosas tres estrellas —*Alnitak*, *Alnilam* y *Mintaka*— conocidas como los "Tres Reyes Magos". Estas tres estrellas, tan características de la época, constituyen el cinturón de *Orion*, y junto a las cuatro del rectángulo que les rodea conforman la figura del cazador mitólógico. Esta constelación alcanzará su culminación a unos 70 grados sobre el sur, entre 8:00 pm y 8:30 pm.

Dos hermosas estrellas se destacan en *Orion*: la azulada *Rigel* y la rojiza *Betelgeuse*, que se encuentran respectivamente en la punta inferior derecha y superior izquierda de la figura de *Orion*, observada hacia el sur y a la hora arriba mencionada. Por último, una tercera estrella llamada *Procyon* —que culminará hacia las 10:30 pm y que casi alcanzará el cénit— formará con *Sirius* y *Betelgeuse* el denominado "Triángulo de Invierno", una figura equilátera que constituye uno de los asterismos más llamativos de la época.

Aquellos interesados en el tema, podrán obtener más información a través de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR), accesible a través de <a href="http://www.facebook.com/saprinc/">http://www.facebook.com/saprinc/</a>. Para los aficionados a la astronomía pueden tomar alguno de los cursos del programa *Astronomía para Aficionados* de la Universidad Metropolitana, que incluyen una visita al Observatorio de Arecibo.

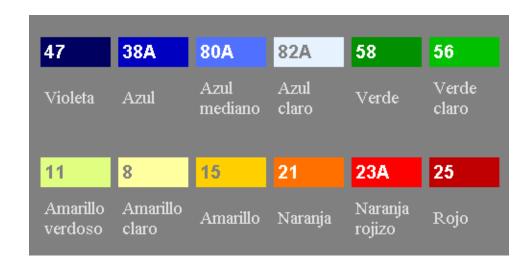
## 7. Filtros de color para la observación de Marte

Por Armando Caussade y Juan Luis Martínez, julio de 2003 y octubre de 2003. Edición del autor en la antigua página web *armandocaussade.com*, 31 de octubre de 2004.

a oposición perihélica de Marte ocurrida en agosto de 2003 fue observada desde Puerto Rico por un amplio contingente de astrónomos aficionados. Dicha aproximación a la Tierra generó un interés inusitado debido a la reducida distancia de 55 millones de kilómetros que entonces alcanzó el planeta.

Luego de algunas observaciones telescópicas iniciales comencé a experimentar con filtros de color, consiguiendo resultados muy satisfactorios. Compartí mis hallazgos con el colega y experto observador Juan Luis Martínez, a quien conozco desde 1993 cuando se incorporó a la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico. Nuestra correspondencia sobre este tema aparece a continuación.

Los filtros que adquirí procedían de Orion Telescopes and Binoculars, distribuidos por aquella época en tres juegos de cuatro filtros cada uno. El diagrama de la página siguiente reproduce el color aproximado de cada uno de ellos.



Colores aproximados de los filtros para observación planetaria. Crédito: © 2014 Armando Caussade, CC-BY-4.0. Reservados algunos derechos.

### **30 de julio de 2003**

De: Armando Caussade Para: Juan Luis Martínez

Hola Juan Luis:

[...] Como dices, Marte está en estos días digno de disfrutar. A través del telescopio se ve ya bastante grande —lo más que recuerdo, exceptuando probablemente la oposición de 1988— y hasta lo he fotografiado en tres ocasiones a través del Schmidt-Cassegrain 8 (200 milímetros), pero todavía no

consigo el tiempo de exposición adecuado. A pesar de haber consultado diversas guías las imágenes resultan siempre uno o dos pasos más sobre-expuestas. Seguiré intentando hasta conseguir fotografías iguales o mejores a las que hice en 1988.

[...] Tengo también en camino un pedido que incluye varios filtros de color para los planetas (rojo, azul, etc.) los cuales estoy deseoso de probar para ver cuán efectivos son.

Armando

### 31 de julio de 2003

De: Juan Luis Martínez Para: Armando Caussade

#### Hola Armando:

Los filtros de color en Marte son todo un éxito. Trabajan mejor que en cualquier otro planeta. Sé de gente, por ejemplo, que los usa mucho con Júpiter, pero, en mi caso, juzgo que Júpiter se ve mejor sin filtros. Los únicos que producen buenos resultados en este planeta son los polarizadores, y solamente porque ayudan a reducir el brillo.

En el caso particular de Marte sucede todo lo contrario. Si bien es cierto que se puede observar sin ellos, los filtros de color producen una variación en contraste que, en algunos casos, es increíble. El mejor, por experiencia, es el rojo 23A, con cualquier telescopio. Destaca los detalles de la superficie eficientemente.

Seguido, vendría el azul 38A. Cuando hay nubes en Marte —que ya las he visto— resaltan enseguida. Y funciona de maravillas para ver al planeta de día. También he hecho esto segundo.

El otro sería el verde 58 (o el 56) para las regiones donde hay mucho polvo, o tormentas de polvo, algo que también he visto ya.

De hecho, dicen que hay una tormenta desarrollándose en la parte norte de lo que llaman *Mare Erythraeum* y *Margaritifer Sinus*. Esta zona es visible para nosotros a eso de las cuatro de mañana. Ayer y hoy estuve viendo esa región. Sí hay un área muy brillante, pero no me convence que se trate de una tormenta de polvo, sino de un espacio naturalmente más claro que el resto del área circundante: *Chryse*. Lo que se ve es distinto a lo que ocurrió a principios de julio en Hellas, que también pude ver. En ese caso, de un día para otro se veía el cambio porque la nube iba expandiéndose. En la de ahora, no he visto ese movimiento.

Bueno, espero que te lleguen los filtros pronto. Verás la diferencia. Después me cuentas qué opinas.

Juan Luis

#### 3 de octubre de 2003

De: Armando Caussade Para: Juan Luis Martínez

#### Hola Juan Luis:

[...] Como ya te había mencionado he adquirido de Orion Telescopes and Binoculars varios juegos de filtros planetarios, los cuales he utilizado extensamente en mis observaciones de Marte durante finales de agosto y principios de septiembre. Aunque mencioné algo sobre ellos en mi presentación ante el foro abierto [sobre la oposición perihélica de Marte, que celebró la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico el 17 de septiembre de 2003] quería conversar más a fondo contigo sobre esta materia.

He aquí mis resultados después de probar cada uno de los filtros, utilizando el telescopio Schmidt-Cassegrain 8 junto con oculares de 9 y de 6 milímetros, que en este instrumento producen 226× y 339×, respectivamente.

Filtros rojo y anaranjado (#21, #23A, #25)—

A éstos son los que más provecho le he sacado. Todos mis dibujos más recientes, que muestran con mayor detalle las marcas en la superficie del planeta, los hice utilizando alguno de estos filtros. La mejoría en cuanto a observar la superficie es muy notable, pues el contraste entre las zonas claras y oscuras aumenta muchísimo. De hecho, la utilidad de filtrar en esta región del espectro (rojo-anaranjado) es tal, que algunos sugieren —en ausencia de un filtro adecuado— hasta utilizar un trozo de mica o celofán colorado para lograr el mismo efecto (referencia: <a href="http://www.newarkmuseum.org/planetarium/mars/mars.html">http://www.newarkmuseum.org/planetarium/mars/mars.html</a>).

El #25 —que fue el primero que utilicé— me parece bastante oscuro, quizás porque sea mejor utilizarlo con un telescopio de mayor abertura. Es muy efectivo, pero encuentro que la pérdida tan notable de brillo le da al planeta un aspecto algo falso o artificial. El casquete polar ha resultado prácticamente invisible con este filtro, especialmente durante los últimos días en que se ha reducido a un tamaño tan insignificante.

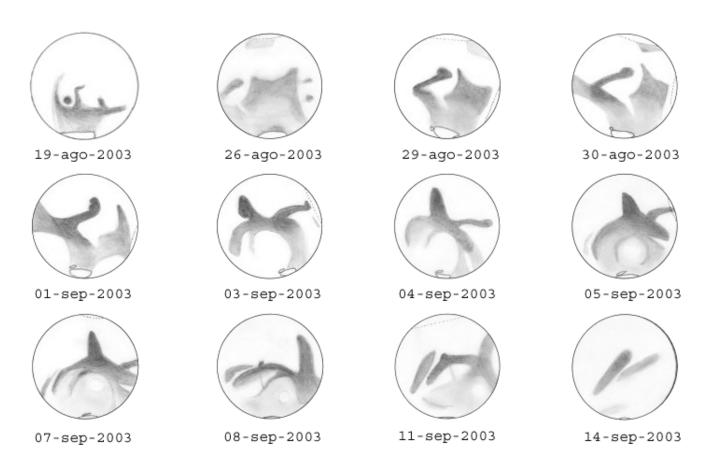
El #23A —el cual recibí luego— es un poco más claro, y aunque está identificado como rojo a mí me pareció más bien anaranjado. Éste se ha convertido en mi favorito y es el que he empleado para realizar los dibujos más recientes.

Por otro lado, el #21 es el más claro de los tres y realmente luce anaranjado, tal como está identificado. La impresión que he tenido sería que es tan efectivo como los otros, solo que al no ser tan pesado las áreas oscuras no se opacan tanto y las áreas claras permanecen igualmente más brillantes. Netamente, me parece que el incremento en contraste es similar al de los otros dos. El casquete ya se hace visible a través de este filtro, aunque resulta aún bastante débil.

Filtros amarillos (#8, #15)—

Me gustó mucho el #15, que es el amarillo moderado. Encontré que también resalta el contraste de las áreas superficiales, aunque jamás al nivel de los filtros rojo y anaranjado. Pero lo interesante es que no opaca el casquete ni altera demasiado el color natural del planeta, es decir, que fue posible ver algo mejor las regiones oscuras sin perder demasiado los demás detalles marcianos que deseaba observar. Diría que es un filtro adecuado para una observación rápida o casual del planeta. Un compañero aficionado me indicó que también ha encontrado útil este filtro para suprimir la aberración cromática que se presenta en los telescopios refractores.

El #8 es muy claro y apenas se aprecia su efecto en Marte, aunque quizás pueda ser útil para otros planetas (Júpiter, por ejemplo) y para suprimir la aberración cromática.



Dibujos de Marte realizados por el autor durante la oposición perihélica de agosto de 2003 empleando los filtros #21, #23A y #25. En las imágenes correpondientes a 4, 5 y 7 de septiembre se aprecia con facilidad tanto la región oscura de Syrtis Major como la cuenca de Hellas. Crédito: © 2003 Armando Caussade, CC–BY–4.0. Reservados algunos derechos.

*Filtros verdes (#56, #58)*—

A estos apenas les encontré utilidad, aunque muchos indican que sí la tienen. El #58 lo encontré muy pesado, y el #56 algo más moderado (o sea, ni muy claro ni muy oscuro). De poder constatar algún resultado en el futuro, me imagino que será con el #56.

La impresión que tuve al utilizar estos filtros sería como si fueran de densidad neutral. De hecho, veía el casquete y todo lo demás como siempre, sin ganancia ni pérdida de una parte o de otra. En una sola ocasión, me pareció ver el casquete algo más claro (con el #56), pero esto podría ser apenas una impresión subjetiva.

Precisamente, he leído que varias de las naves no tripuladas que han llegado hasta Marte —y que habitualmente utilizan cámaras monocromáticas— generan sus imágenes de color "real" utilizando solo imágenes filtradas en el rojo y el azul. Es decir, que dispensan la necesidad de una tercera imagen obtenida por filtro verde, pues los especialistas sostienen que ésta la podrían generar artificialmente mediante el cálculo de un "promedio" digital entre las fotografías roja y azul. Dicen ellos que esto ha

sido demostrado mediante experimentos, es decir, que efectivamente se tomaron imágenes en verde y éstas resultaban similares a las imágenes calculadas digitalmente partiendo del rojo y el azul. Entiendo que esto les representaría un gran ahorro, pues en lugar de transmitir 30,000 imágenes —para apenas obtener 10,000 en color real— reducirían el volumen hasta 20,000.

Lo dicho me lleva a lo siguiente: si la imagen marciana en el verde no es más que el promedio entre el rojo y el azul, me inclinaría a pensar, ¿acaso no se cancelaría, mediante un filtro verde, tanto la ganancia obtenida en el azul (atmósfera) como la ganancia obtenida en el rojo (superficie)?

Filtros azules (#38A, #80A, #82A)—

El #80A, en particular, fue el que más útil me resultó dentro de esta categoría de filtros. Aunque se dice que es muy adecuado para el casquete, no encontré que lo fuera tanto. Pero esto podría deberse al hecho que cuando observé a Marte el casquete ya estaba bastante reducido, y además, repleto de áreas oscuras que representaban los lugares donde comenzaba a aflorar el terreno entre los hielos polares.

Sí me pareció útil el filtro para observar las nubes altas de Marte, en particular las nieblas típicas del amanecer y del atardecer que aparecen en el borde iluminado del planeta. Desde antes de comenzar mis observaciones venía con la impresión que estas nubes serían solo visibles mediante el #80A, y que el ojo desnudo no podría captarlas directamente. Me di cuenta que las nubes sí eran visibles directamente, pero el filtro ayudaba de modo significativo. De hecho, comencé a ver estas regiones de niebla casi a diario, particularmente en el norte del planeta. Con frecuencia aparecían también hacia el este del globo marciano, con el aspecto de una sola franja muy alargada que cubría entre unos 60° y 80° a lo largo del borde, o si acaso, como dos franjas más cortas. Descubrí luego que el #15 (amarillo) mostraba también las nubes, pero sin igualar jamás la visibilidad en el azul.

En cuanto al #82A, lo probé, pero es demasiado claro para tener efecto alguno en Marte. Tengo la impresión que en Júpiter, cuyos colores son más claros y sutiles, podría ser útil.

El #38A también lo probé, pero es excesivamente oscuro; el catálogo de Orion dice que podría ser útil para observar tormentas de polvo en Marte, pero no he sabido de nadie que haya tenido esta experiencia. Puede ser que en un telescopio de gran abertura resulte adecuado.

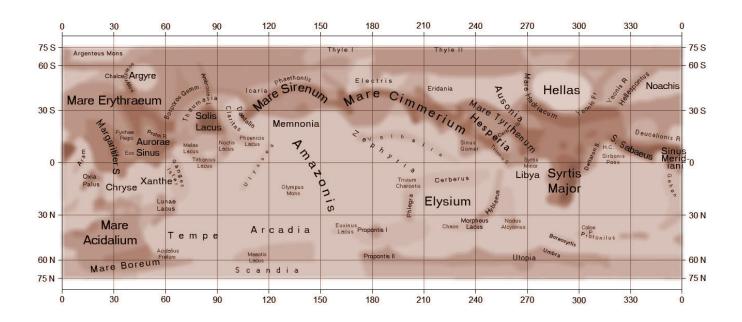
*Otros filtros: (#11, #47, lunar ND13)*—

El #11 es un filtro de color amarillo limón, bastante claro. Tiene en Marte un efecto similar al #15, pero éste último le supera. Así, apenas lo utilicé.

El #47 es de color violeta y muy opaco, el más oscuro de todos. Para Marte no sirve. Según el catálogo de Orion es adecuado para Venus, lo cual me parece lógico. Pudiera también ser útil para Mercurio, pero dudo que tenga algún uso más allá de estos dos planetas.

Finalmente, añadiré una nota acerca del filtro lunar. Me refiero específicamente al filtro de densidad neutral con transmisión de 13% (se vende también otro de 25%, pero no lo tengo). Varios compañeros de nuestra agrupación han hablado de las supuestas virtudes de este filtro para la observación de Marte, pero en mi experiencia no he constatado tal cosa. Incluso, Orion dice en su catálogo que este filtro "es también efectivo para observación de planetas brillantes y de estrellas dobles". Sí creo que se podría hablar —pero solo cuando se trabaja con Marte, y a muy bajos aumentos— de una leve mejoría por

eliminación de reflejos y de luminosidad, lo cual fue precisamente el resultado de la prueba que realicé. Pero al no haber una filtración selectiva o cromática, no pude apreciar ninguna mejoría en cuanto a destacar características particulares del planeta. En todo caso, la supuesta ventaja es solo apreciable a pocos aumentos (esto también lo comprobé), y con Marte es prácticamente obligado trabajar a muchos aumentos.



Mapa del planeta Marte que muestra las regiones mencionadas en el texto. El sur queda arriba. Crédito: Roger Venable, Jim Melka (Association of Lunar and Planetary Observers).

En conclusión, acerca de los filtros, coincido contigo en que son un éxito. Definitivamente he obtenido una mejoría significativa —diría, sobre un 50%— en cuanto a la visibilidad de detalles en la superficie y en la atmósfera del planeta, en comparación con lo que antes lograba observar.

Me gustaría después saber cómo contrasta todo esto con tu experiencia. Tengo la impresión que tú sí habrás podido sacarle algún provecho a los filtros verdes. Cuéntame también si has notado alguna diferencia apreciable al utilizar uno u otro de los filtros rojo y anaranjado (#21, #23A, #25), y además, acerca de tus observaciones diurnas de Marte. [...]

Por cierto, ¿has intentado fotografíar a Marte? Vi en tu página de Internet varias fotografías digitales de la Luna, y me pareció que la misma cámara que empleaste podría ser utilizada para fotografíar al planeta. [...]

#### Armando

#### 24 de octubre de 2003

De: Juan Luis Martínez Para: Armando Caussade

#### Hola Armando:

Se acaba el mes de octubre y no te contesto el mensaje, je, je. [...] Hoy, al menos, he tenido un breve respiro de trabajo, por lo que he tomado este tiempo para contestar tu mensaje. [...]

- > Filtros rojo y anaranjado (#21, #23A, #25)—
- > A éstos son los que más provecho le he sacado.
- > Todos mis dibujos más recientes, que muestran con
- > mayor detalle las marcas en la superficie del
- > planeta, los hice utilizando alguno de estos
- > filtros. La mejoría en cuanto a observar la superficie
- > es muy notable, pues el contraste entre las zonas
- > claras y oscuras aumenta muchísimo.

Sí, los filtros rojos o anaranjados son los mejores para ver a Marte. El primero de ellos que adquirí fue el 23A para la oposición de Marte de 1993. Lo usaba con el telescopio de 150 milímetros que ya has visto y utilizado en infinidad de ocasiones.

- > El #25 —que fue el primero que utilicé— me
- > parece bastante oscuro, quizás porque sea mejor
- > utilizarlo con un telescopio de mayor abertura. Es
- > muy efectivo, pero encuentro que la pérdida tan
- > notable de brillo le da al planeta un aspecto algo
- > falso o artificial. El casquete polar ha resultado
- > prácticamente invisible con este filtro, especialmente
- > durante los últimos días en que se ha reducido a un
- > tamaño tan insignificante.

Tienes mucha razón en lo que dices del uso de este filtro. Es bastante oscuro, pero el contraste que se logra con él es increíble, siempre que la atmósfera esté relativamente limpia. Lo usé con cierta frecuencia en el SCT de 9.25 (235 milímetros) y lo traté en un pequeño Maksutov que tengo, solo para comparar el efecto de oscuridad. En el pequeño es muy poco práctico, pero en el de 9.25 es bastante bueno, especialmente para las regiones más oscuras, que se ven marrón oscuro intenso. En ese último telescopio el grado de artificialidad que se produce no se debe tanto al poco brillo, sino —en mi opinión — a lo falso del color rojo (demasiado rojo) que el filtro le imparte al planeta.

- > El #23 —el cual recibí luego— es un poco más claro,
- > y aunque está identificado como rojo a mí me
- > pareció más bien anaranjado.

Recientemente sí he visto que lo han mercadeado como "rojo", pero cuando compré el mío hace una década atrás era anunciado como "anaranjado", justamente, y en algunos casos como rojo-anaranjado. Es el mejor, como mencionas, porque no es tan opacante como el 25, pero no tan liviano como el 21. Sin embargo, en esta ocasión no lo usé tanto como en otras veces. El casquete polar se veía bastante bien con éste, mejor que con el 21, en mi opinión.

- > Por otro lado, el #21 es el más claro de los tres
- > y realmente luce anaranjado, tal como está

- > identificado. La impresión que he tenido sería que es
- > tan efectivo como los otros, solo que al no ser tan
- > pesado las áreas oscuras no se opacan tanto y
- > las áreas claras permanecen igualmente más brillantes.
- > Netamente, me parece que el incremento en
- > contraste es similar al de los otros dos. El
- > casquete ya se hace visible a través de este filtro,
- > aunque resulta aún bastante débil.

De todos los filtros, el más que usé fue el 21 porque trabajaba muy bien en ambos telescopios (de hecho, tengo dos de estos filtros, uno para cada instrumento). Casi todos los dibujos que hice —la mitad de los cuales todavía no los he puesto en Internet— los hice con este filtro. Con él, Marte se veía más natural que con los otros dos anteriores, que otorgaban un tinte rojo que se veía demasiado artificial, como ya te he contestado (impresión que compartimos). Bueno, no digo esto por alguna razón en específico, sino más bien por estética: cumplían muy bien su función de producir contraste, pero a mí me parecía aún mejor que los colores naturales del planeta no se alterasen demasiado. Detrás del 23A, con el 21 las zonas ligeramente oscuras se veían con mejor distinción que con el 25. Fue también el filtro más adecuado para observar una tormenta de polvo que hubo a principios del mes de julio, y que fue de corta duración (la única que vi, dicho sea de paso, pues ya hace tiempo que dejé de ver Marte).

### > Filtros amarillos (#8, #15)—

No usé filtros amarillos en Marte (nunca los he usado, de hecho, en ninguna otra observación) porque sé que el contraste que producen es muy poco. En efecto, no los he usado ni siquiera con otros planetas, excepto con Júpiter y solo como prueba. Claro, eso fue con el telescopio de 150 milímetros, que, de todos modos, no es muy apropiado para observación planetaria. Tal vez resulten más productivos con el SCT de 9.25.

- > Un compañero aficionado me indicó que también ha
- > encontrado útil este filtro para suprimir la aberración
- > cromática que se presenta en los telescopios
- > refractores.

Sí, ese uso de los filtros amarillos para reducir la aberración cromática en los refractores es ampliamente conocido. Supongo que es cierto, aunque nunca he hecho la prueba (jamás he tenido un refractor, aunque la adquisición de uno pequeño, solo por "puro placer", está en planes). Hoy en día venden unos filtros para ese mismo propósito, y he leído que otorgan un ligero tinte amarilloso, especialmente en los objetos brillantes. Algunos dicen que prefieren un filtro amarillo como estos, ya que producen un efecto similar y son menos costosos.

- > Filtros verdes (#56, #58)—
- > A estos apenas les encontré utilidad, aunque muchos
- > indican que sí la tienen. El #58 lo encontré muy
- > pesado, y el #56 algo más moderado (o sea, ni muy claro
- > ni muy oscuro). De poder constatar algún resultado
- > en el futuro, me imagino que será con el #56.

En mi caso, tampoco les encontré algo de uso para estos filtros. Los efectos que lograban se asemejaban a los producidos por otros filtros y siempre menos evidentes. Sí son buenos en otros planetas.

- > La impresión que tuve al utilizar estos filtros
- > sería como si fueran de densidad neutral.

También coincido con esta impresión. Hasta me pareció que con el 56 los colores reales del planeta se veían más vívidos: como que el filtro simplemente opacaba parte del brillo, pero nada más.

- > Filtros azules (#38A, #80A, #82A)—
- > El #80A, en particular, fue el que más útil me
- > resultó en esta categoría de filtros. Aunque se
- > dice que es muy adecuado para el casquete, no
- > encontré que lo fuera tanto. Pero esto podría
- > deberse al hecho que cuando observé a Marte
- > el casquete ya estababastante reducido, y además,
- > repleto de áreas oscuras que representaban los lugares
- > donde comenzaba a aflorar el terreno entre los hielos
- > polares.

El único filtro azul que utilicé en Marte fue el 80A, y con buenísimos resultados. No tengo el 38 (por lo que no te puedo comentar nada sobre él) y el 82A siempre me ha parecido un desperdicio. En mi opinión, no sirve para nada, ni tiene efecto alguno sobre los planetas. He leído que, supuestamente, es muy bueno en Júpiter, pero opino que no es cierto. Lo tengo porque vino en el juego, pero jamás pensaría comprarlo aparte (hasta que me muestren que sí es bueno para algo, lo que no ha sucedido hasta el presente).

En mi caso, comencé a observar a Marte a finales de mayo, y en aquellos días el casquete polar sur estaba tan extendido que no se necesitaba nada para verlo bien. De hecho, era tan evidente que era lo primero que se distinguía cuando se miraba por el telescopio.

- > Sí me pareció útil el filtro para observar las nubes altas
- > de Marte, en particular las neblinas típicas del amanecer
- > y del atardecer que aparecen en el borde iluminado del
- > planeta.

El 80A fue muy útil para detectar la niebla en el planeta. De hecho, fue casi accidental. Había oído decir que servían para ello, pero en mi caso no lograba ver nada, hasta que un día en agosto puse ese filtro en el ocular por rutina, y de momento veo que los bordes norte, este y oeste del planeta se veían un poco extraños. Así que me quedé observando con ese filtro y rápidamente detecté que los límites de ese efecto hacia dentro del planeta eran irregulares, con una ligera protuberancia en dirección al polo norte. Esa misma mañana confirmé que, efectivamente, se trataba de la famosa niebla marciana porque alguien publicó un dibujo —hecho con un telescopio más grande (de 320 milímetros)— que exhibía las mismas marcas de neblina, con dimensiones y orientación equivalente a las que vi con el mío.

Supongo que el no haber podido observar esas neblinas más temprano en la temporada se debió a las malas condiciones en nuestra atmósfera, pues para mi casa casi siempre hubo algo de bruma o nubes en

los primeros meses [de esta temporada de visibilidad del planeta Marte]. Ese día que logré verla por primera vez fue tan obvio que es casi increíble que no haya visto ese efecto antes.

- > En cuanto al #82A, lo probé, pero es demasiado claro
- > para tener efecto alguno en Marte. Tengo la
- > impresión que en Júpiter, cuyos colores son más
- > claros y sutiles, podría ser útil.

Como ya te dije, en mi opinión no sirve para nada, pero eso que dices, que podría ser útil en Júpiter, podría tener algo de validez, pues es lo que dicen otras personas que estudian a Júpiter constantemente. La detección de colores tiene un alto grado de subjetividad, así que supongo que sería yo el que no perciba ningún cambio significativo con este filtro. Puede ser todo lo contrario con otras personas. Así que cuando hagas el experimento, me dejas saber tus resultados.

- > El #38A también lo probé, pero es excesivamente
- > oscuro; el catálogo de Orion dice que podría ser útil
- > para observar tormentas de polvo en Marte, pero no
- > he sabido de nadie que haya tenido esta experiencia.
- > Puede ser que en un telescopio de gran abertura
- > resulte adecuado.

No tengo este filtro, por lo que no te puedo decir nada sobre él, pero, como dices, sé que es muy opaco, y que su transmisión de luz es muy reducida, como es el caso del violeta 47, que sí tengo.

- > El #11 es un filtro de color amarillo limón, bastante
- > claro. Tiene en Marte un efecto similar al #15, pero
- > éste último le supera. Así, apenas lo utilicé.

Tengo este filtro, pero aún no lo he usado (lo adquirí en mayo). Lo traté en Marte, pero sé que dicen que es excelente en Saturno.

- > El #47 es de color violeta y muy opaco, el más
- > oscuro de todos. Para Marte no sirve. Según el
- > catálogo de Orion es adecuado para Venus, lo cual
- > me parece lógico. Pudiera también ser útil para
- > Mercurio, pero dudo que tenga algún uso más allá de
- > estos dos planetas.

Sí, el 47 es demasiado opaco. Lo compré simplemente para ver si hacía algo en mi telescopio de 9.25 (235 milímetros), pero parece que ni en ese. Supongo que funcionaría en un telescopio mucho más poderoso, sobre los 300 milímetros o más. Eso sí, podría ser útil en Venus, que es un planeta sumamente brillante, y aún no lo he tratado, pero pienso que también podría tener alguna utilidad en la Luna.

solo noté una pequeña ventaja detectando niebla en dirección al polo norte —supongo que sea porque habría ahí mayor concentración— pero el resto del planeta quedaba tan oscuro que, en realidad, no vale la pena. También estoy esperando que comience la buena temporada de Venus para probarlo con ese otro planeta.

- > Finalmente, añadiré una nota acerca del filtro lunar.
- > Me refiero específicamente al filtro de densidad
- > neutral con transmisión de 13% (se vende también otro
- > de 25%, pero no lo tengo). Varios compañeros de
- > nuestra agrupación han hablado de las supuestas virtudes
- > de este filtro para la observación de Marte, pero en mi
- > experiencia no he constatado tal cosa.

No intenté ese filtro lunar en Marte. Ni siquiera lo uso en la Luna; simplemente no me gusta.

Sí encontré uso a un filtro polarizador que también tengo desde hace años, pero que casi nunca he usado. Su efecto fue opacar un poco la luz de Marte sin alterar los colores (a diferencia del filtro lunar, que además de opacar, le da un ligero tiente verdoso). De todas formas, preferí los filtros 21, 23A y 25 para esa tarea.

> acerca de tus observaciones diurnas de Marte.

Observar a Marte a plena luz del día fue una grata experiencia, aunque como podrás imaginar, el calor diurno —aún a tempranas horas de la mañana— hace que la imagen ondule demasiado. Hubo varios días, en mayo y junio específicamente, que lo observé hasta pasadas las ocho de la mañana. Para estas observaciones, los filtros también resultaron convenientes, especialmente el azul 80A, pues reduce ese efecto ondulatorio de la atmósfera, que es lo que afecta la imagen. Aún durante el día, se podían ver las principales manchas oscuras con relativa facilidad, lo que me sorprendió más aún, especialmente en aquellos momentos, que el diámetro del planeta no era tan grande.

Nunca pude detectarlo a simple vista durante el día, pero sí era visible en el buscador 8×50 del telescopio. [...]

- > Por cierto, ¿has intentado fotografíar a Marte? Vi en
- > tu página de Internet varias fotografías digitales de
- > la Luna, y me pareció que la misma cámara que empleaste
- > podría ser utilizada para fotografiar al planeta.

Sí, lo pensé, pero no lo intenté. Era tanto lo que veía con los ojos, que preferí seguir haciendo dibujos a perder minutos de observación. [...]

Bueno, creo que debo enviarte esta contestación antes de que termine el año, así que por ahí te va.

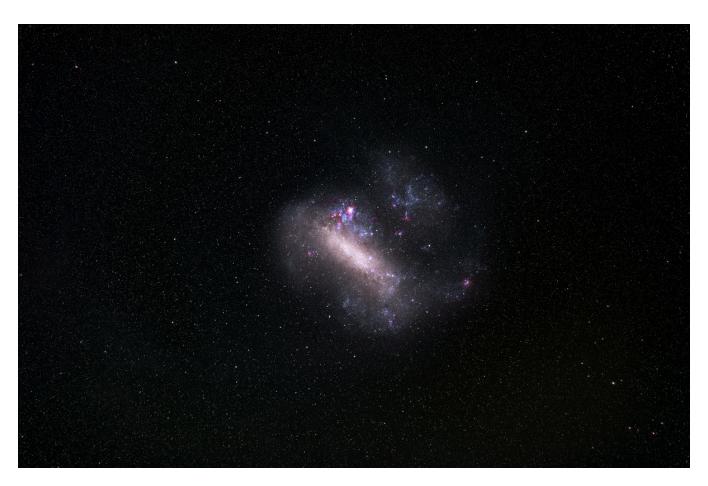
Juan Luis

# 8. Aspecto visual de las galaxias más brillantes

Por Armando Caussade, junio de 1993. Revisado extensamente en octubre de 2014. Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, julio de 1993.

Existen nueve galaxias, las más brillantes en la bóveda celeste, que son lo suficientemente luminosas como para observarse sin necesidad de un telescopio. Cuatro de ellas serían visibles a simple vista y para las demás bastarían unos prismáticos. A continuación resumo mis observaciones de estas galaxias, realizadas en la costa del sur de Puerto Rico. La lista está ordenada por brillo.

## La Gran Nube de Magallanes (LMC, por su sigla en inglés) Ubicada entre las constelaciones *Dorado* y *Mensa*. Magnitud 0.9.



La Gran Nube de Magallanes, la galaxia mas brillante del cielo. Crédito: Zdeněk Bardon / European Southern Observatory (ESO).

La galaxia más luminosa del firmamento, la Gran Nube de Magallanes, se muestra a simple vista como un fragmento desprendido de la Vía Láctea. Tan brillante es que puede verse hasta con luna llena. Un binocular 7×50 mostrará no solo alguna estructura, sino que captará con facilidad diversos objetos enclavados en ella, tales como la nebulosa de emisión NGC 2070 (la Tarántula) y el cúmulo abierto

NGC 1910 (conocido también como el cúmulo de S Doradus).

El notable tamaño y brillo que presenta la Gran Nube de Magallanes se debe a la cercanía de este sistema galáctico al nuestro, la Vía Láctea. Su diámetro angular es de unos 6°, por lo cual colmará el campo visual de unos prismáticos. Podría decirse que un binocular 7×50 revelará tanto detalle en la Gran Nube como un telescopio de 600 milímetros en la galaxia de Andromeda.

Aunque la LMC resulta marginalmente visible desde los trópicos del hemisferio norte, no conocemos aún a nadie que la haya observado desde Puerto Rico. Su culminación sobre el horizonte sur ocurre a las 5<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> en tiempo sidéreo, es decir, simultáneamente con el paso de la constelación de Orion sobre el meridiano. En dichas ocasiones y vista desde nuestra isla, la Gran Nube de Magallanes alcanzaría unos 5° de altura, extendiéndose hasta 1° por debajo del horizonte.

### La Pequeña Nube de Magallanes (SMC, por su sigla en inglés)

Ubicada entre las constelaciones *Tucana* y *Hydrus*. Magnitud 2.7.

A solo 21° de la Gran Nube de Magallanes se encuentra la Pequeña Nube de Magallanes, también visible a simple vista como un trozo suelto de la Vía Láctea. Su diámetro es de 3° y constituye una vista impresionante a través de un prismático. Resaltan especialmente los cúmulos abiertos NGC 346 y NGC 371, ambos enclavados dentro de la galaxia y apreciables a través de un binocular 7×50.

Sobresalen también los cúmulos globulares NGC 104 (popularmente conocido como 47 Tucanae) y NGC 362, situados ambos al margen de la galaxia y observables con facilidad mediante un prismático. Curiosamente, estos cúmulos están enlazados gravitatoriamente a nuestra galaxia y no a la Pequeña Nube. La ubicación de ambos junto a la SMC es una mera coincidencia de dirección visual.

Lamentablemente, esta interesante galaxia queda fuera del alcance para casi todo el hemisferio norte. Desde nuestra isla —y en el mejor de los casos— la Pequeña Nube de Magallanes rozaría el horizonte sur y se extendería hasta unos 3° por debajo del mismo. Su culminación ocurriría a las 0<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> en tiempo sidéreo, aproximadamente una hora antes que la estrella Achernar.

### Messier 31: la galaxia de Andrómeda

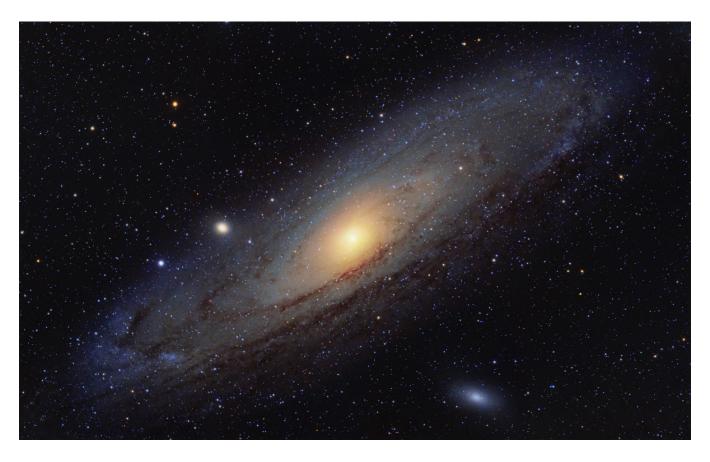
Ubicada en la constelación Andromeda. Magnitud 3.4.

La galaxia de Andrómeda es la más brillante entre las observables desde el hemisferio norte, y resultará claramente visible a simple vista desde cualquier lugar cuyo cielo sea razonablemente oscuro. Un binocular 7×50 captará inmediatamente su forma alargada, revelando unos 2° de extensión si la observación se realizara desde un sitio semioscuro y hasta 5° en lugares de extrema oscuridad.

La galaxia de Andrómeda es una espiral vista de filo, lo cual explica su aspecto ovalado y alargado (la inclinación es de solo 12° respecto de nuestra línea visual). Fue precisamente Messier 31 la galaxia utilizada por el astrónomo Edwin P. Hubble para identificar estrellas variables cefeidas y realizar estimados de distancia, en el año 1924. Dichos trabajos establecieron en definitivo la naturaleza externa de las llamadas *nebulosas espirales* y pusieron fin al histórico gran debate de la astronomía de principios del siglo XX.

Un telescopio de 200 milímetros mostrará alguna estructura en la galaxia de Andrómeda, incluyendo su brillante núcleo puntiforme y hasta los carriles oscuros de polvo que la atraviesan. Un telescopio

cualquiera enseñará claramente las dos principales galaxias que circulan a Messier 31: Messier 32 y Messier 110.



La galaxia de Andrómeda, Messier 31. Crédito: Mike Broussard, Flickr CC-BY-2.0. <u>http://www.flickr.com/photos/cajunastro/</u>

### Messier 33: la galaxia del Triángulo

Ubicada en la constelación *Triangulum*. Magnitud 5.7.

La galaxia del Triángulo podrá verse a simple vista desde cualquier lugar que goce de una oscuridad razonable. En efecto, la visibilidad de Messier 33 se utiliza habitualmente en la astronomía amateur para evaluar la oscuridad y transparencia del cielo nocturno. La galaxia queda a solo 14° de Messier 31.

Debido a su reducida luminosidad superficial Messier 33 presentará un aspecto endeble ante los ojos de un neófito. Sucede que esta galaxia posee un sorprendente tamaño angular, por lo cual su brillo se hallará disperso sobre un área muy considerable. Un binocular mostrará perfectamente la situación y evidenciará que la galaxia luce enorme, aunque muy tenue.

Messier 33 es detectable mediante binocular 7×50 y constituye un blanco fácil para uno de 11×80, siempre y cuando la observación se realice desde áreas rurales (en la ciudad resultará invisible). Su tamaño angular de 1° es por sí imponente y será difícil encuadrarla completamente dentro de un campo telescópico. Un telescopio de 200 milímetros ofrecerá un panorama impresionante de la galaxia, pero solo a bajos aumentos (50× o menos).



La galaxia del Triángulo, Messier 33. Crédito: © 2004 Isaac Cruz. Reproducido con la debida autorización.

#### Messier 81: la galaxia de Bode

Ubicada en la constelación Ursa Major. Magnitud 6.8.

La galaxia de Bode se puede observar por binocular 7×50 aun bajo los estragos de la contaminación lumínica, y un binocular 11×80 la captará con suma facilidad. Localizarla, sin embargo, puede resultar un tanto difícil dado la ausencia de estrellas brillantes en los alrededores, situación que a veces frustra al principiante. Además, por su extrema declinación septentrional, la visibilidad de esta galaxia quedará limitada para quienes se encuentren en las latitudes ecuatoriales de la Tierra, y por debajo de los 21° de latitud sur será inobservable.

Un telescopio de 80 milímetros mostrará alguna definición en Messier 81, mientras que uno de 200 milímetros comenzará a evidenciar los brazos espirales. Un telescopio o prismático cualquiera enseñará también la galaxia irregular Messier 82, que apenas queda situada a medio grado hacia el norte.

## NCG 5128: la radiogalaxia Centaurus A

Ubicada en la constelación Centaurus. Magnitud 6.9.

Centaurus A es una galaxia austral, aunque afortunadamente queda más accesible que las nubes de Magallanes. Por su declinación de –43° no resultará visible sobre los 47° norte de latitud, presentándose de modo limitado al menos hasta los 32° de latitud. Desde el trópico de Cáncer se puede apreciar con mayor comodidad.

NGC 5128 está situada  $5^{\circ}$  al norte del conocido cúmulo globular  $\omega$  Centauri, distancia que entraría cómodamente dentro del campo visual de un binocular  $7\times50$ . Centaurus A posee una llamativa forma redonda que resulta fácilmente apreciable a través de un binocular  $11\times80$ . Un telescopio de 80 milímetros enseñará, además, los carriles oscuros de polvo.

#### NGC 253: la galaxia del escultor

Ubicada en la constelación Sculptor. Magnitud 7.9.

La galaxia del escultor es visible por binocular 11×80, aunque en términos de brillo resulta apreciablemente menor que Messier 81 o NGC 5128. Su elevada luminosidad por unidad de área, sin embargo, posibilitará la observación aun desde aquellos lugares que estén parcialmente afectados por la contaminación lumínica.

Un telescopio de 80 milímetros mostrará claramente la forma estrecha y alargada de NGC 253, tan característica de las galaxias espirales cuando son vistas de perfil. En este sentido su aspecto es muy parecido al de Messier 31. Un telescopio de 200 milímetros comenzará a mostrar alguna estructura.



La galaxia del escultor, NGC 253. Crédito: © 2014 Joaquín Pérez Bonome. Reproducido con la debida autorización.

### Messier 83: la galaxia del molinete austral

Ubicada en la constelación de *Hydra*. Magnitud 7.9.

Messier 83 constituye una galaxia de fácil observación debido a su elevada luminosidad superficial. Es apreciable utilizando un binocular 7×50 y resultará un objeto sencillo mediante uno de 11×80.

Un telescopio de 80 milímetros mostrará el núcleo puntiforme de Messier 83, mientras que un instrumento de 150 a 200 milímetros comenzará a revelar los brazos espirales e incluso la barra que conecta a éstos con el núcleo.

## Messier 101: la galaxia del molinete boreal

Ubicada en la constelación de *Ursa Major*. Magnitud 8.0.

Esta galaxia podrá avistarse mediante binocular 11×80 siempre y cuando el cielo esté razonablemente oscuro. La contaminación lumínica la hará desaparecer, ya que al igual que Messier 33 posee una reducida luminosidad por unidad de área.

En Messier 101 los brazos espirales resultan obvios ya que la galaxia está colocada de frente y no de filo. Pero esta observación requerirá un telescopio de 200 milímetros —como mínimo— e igualmente un cielo muy oscuro y transparente. Convendría también emplear bajos aumentos.

### Post scriptum (marzo de 2015)

En los últimos años se ha documentado de modo irrefutable la visibilidad de Messier 81 y de NGC 5128 sin instrumentos y bajo excepcionales condiciones de oscuridad. Messier 81 ha sido localizada a simple vista por el experto aficionado Stephen James O'Meara (quien fuera editor adjunto de la revista *Sky & Telescope*) e igualmente por el astrónomo Brian A. Skiff del Observatorio de Lowell, entre otros. Además, NGC 5128 ha sido observada "a ojo desnudo" por O'Meara.

En el Internet se ha discutido también la posible visibilidad a simple vista de las galaxias NGC 253 y de Messier 83. Igualmente, existe en la literatura una referencia sobre la posibilidad de avistar a Messier 101 sin el uso de telescopios (Mike Inglis, 2001, *Field Guide to the Deep Sky Objects*, Springer), aunque reconociendo que dicho experimento únicamente sería viable bajo perfectas condiciones de oscuridad y transparencia.

# 9. Visibilidad de la Gran Nube de Magallanes desde el paralelo 18° norte

Por Armando Caussade. Redactado en dos partes, en noviembre de 1991 y enero de 1994. Revisado extensamente el 26 de febrero de 1998 y luego el 12 de noviembre de 2019.

Artículos originales para la revista astronómica *El Observador*, diciembre de 1991 y febrero de 1994.

La *Gran Nube de Magallanes* es la galaxia más cercana a la nuestra, la *Via Láctea*. Con unos 30,000 años luz de diámetro y localizada a una distancia de 160,000 años luz, está clasificada como una irregular que posee indicios de estructura espiral. Es también la mayor de las cuatro galaxias visibles sin necesidad de instrumentos, pues alcanza una magnitud aparente de +0.1 y una dimensión angular de 5° por 7°, mostrándose a simple vista con un aspecto difuso parecido al de la Vía Láctea, al punto que los antiguos observadores de la bóveda celeste la consideraban como un pedazo desprendido de la Vía Láctea. Para verla no se requiere telescopio ni prismáticos, aunque estos ayudarán a revelar detalles.

Por su extrema declinación que alcanza -69° la Gran Nube de Magallanes aparece ordinariamente sobre los cielos del hemisferio sur, o a lo sumo, en las latitudes tropicales del hemisferio norte, pero nunca por encima del paralelo +21°. En diciembre de 1991 propuse, en la revista *El Observador* (Sociedad de Astronomía de Puerto Rico), la retante idea de localizar la Gran Nube de Magallanes en los cielos de la isla, que se encuentra en el paralelo +18°. Por este mismo medio deseo informar a partir de ese momento he emprendido dos búsquedas, con los resultados parciales que aparecen a continuación.

El primer intento de localizar la galaxia lo hicimos temprano en la noche del 8 de febrero de 1992, temprano en la noche desde Santa Isabel, en la costa del sur de la Isla, junto con Hugo Sillau y Ricardo Martínez. Los cielos eran muy oscuros y en buena medida transparentes, pero aún así, encontramos algo de bruma hacia el sur que se debía probablemente a algún efecto marítimo. Esta bruma reducía considerablemente la visibilidad del cielo a partir del horizonte y hasta unos 5° de altura.

Esa noche hacia las 8:40 pm miramos hacia el sur, orientándonos a unos 60 grados debajo de la estrella Rigel; dirigimos allí el binocular  $10\times50$  que traía Martínez e inmediatamente presenciamos algunas de las estrellas que se hallan inmersas dentro de la galaxia, a saber:  $\delta$  Doradus,  $\epsilon$  Doradus y  $\theta$  Doradus. Estas estrellas, que formaban una figura como un triángulo isósceles muy alargado, se mostraban claras y brillantes, a pesar de la bruma. Sin embargo, la galaxia como tal no resultó visible.

El segundo intento lo llevamos a cabo la madrugada del 14 de noviembre de 1993, entre 1:45 am y 2:00 am y también desde Santa Isabel,. De entre las muchas personas que había allí presentes —porque el intento se hizo durante un *star party* muy concurrido— me acompañó en la observación el colega Ernesto Efraín Santiago. Éste había venido armado con un binocular 11×80, un instrumento que resultó perfecto para la búsqueda, disponiendo también de mi telescopio de 330 milímetros.

Miramos con el prismático hacia la constelación *Dorado* e inmediatamente saltaron a la vista, claras y brillantes, las mismas tres estrellas observadas durante la ocasión anterior ( $\delta$  Doradus,  $\epsilon$  Doradus y  $\theta$  Doradus). Pero esta vez, el triángulo que conformaban estas estrellas se mostró con la forma de una flecha, pues le vimos en su centro una estrella de la sexta magnitud. Este asterismo, que nos recordó la constelación *Sagitta*, alcanzaba entonces su culminación con una altura de  $6^{\circ}$  sobre el horizonte. Si resultaban nuestros planes, debajo de él y a solo  $3^{\circ}$  de altura deberían aparecer dos objetos no-estelares

pertenecientes a la Gran Nube de Magallanes: la famosa nebulosa de la Tarántula (NGC 2070) y el cúmulo abierto S Doradus (NGC 1910).



Las dos Nubes de Magallanes vistas desde los telescopios VLT en Cerro Paranal, Chile. Crédito: John Colosimo / European Southern Observatory (ESO).

Puesto que la galaxia misma no resultaba visible y con la intención de avistar estos dos objetos del catálogo NGC, apunté el telescopio de 330 milímetros a poca altura sobre el sur y pude ver muy bien otra estrella de magnitud sexta, la cual queda medio grado al norte del punto que marca la mitad del camino entre los dos NGC. Lamentablemente, al mirar el campo telescópico hacia cada lado, los susodichos objetos no aparecieron. Hay que mencionar que en esta ocasión también detectamos una capa de bruma cercana al horizonte, lo cual estoy seguro que perjudicó la búsqueda.

Faltan por hacer otros intentos, en los que deberá procurarse hasta el máximo posible evadir esa bruma que oculta el horizonte marítimo hasta los 5° de altura. Será necesario investigar cuáles son las épocas del año, o cuáles son las localidades menos afectadas por esa niebla. Aunque todavía no sabemos si la Gran Nube de Magallanes como tal va a resultar visible, hay buena probabilidad que la nebulosa NGC 2070 y particularmente el cúmulo NGC 1910 aparezcan a través del binocular o del telescopio. ■

## 10. A celebrar el primer maratón Messier

Por Armando Caussade, marzo de 1993. Actualizado con un *post scriptum* en agosto de 2014. Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, abril de 1993.

En 1994 y especialmente para los que vivimos en el trópico, habrá una oportunidad inigualable de realizar un maratón Messier. Un maratón Messier no es otra cosa que una competencia entre astrónomos aficionados en la que se intenta localizar y observar, durante una misma noche, la totalidad o mayoría de objetos en el catálogo de Charles Messier. El catálogo comprende 110 objetos de espacio profundo, incluyendo nebulosas, galaxias y cúmulos estelares.

Este reto a las habilidades del aficionado es de origen puramente contemporáneo. Con gran probabilidad surgió en España hacia 1968 y luego en los Estados Unidos de forma independiente. Hacia 1980 en América del Norte la competencia había adquirido cierta popularidad y desde ahí comenzó a difundirse a nivel mundial.

El maratón se celebra habitualmente hacia mediados de marzo y coincidiendo con la luna nueva. Existe una región del cielo entre las 22 y 24 horas de ascensión recta —o sea, entre las constelaciones de Aquarius y Pisces— en la que apenas hay objetos Messier. Una vez cada año y según el Sol atraviese este espacio, quedará alejado de los Messier y será posible verlos todos en una sola noche.

En las regiones templadas (latitudes 40° a 50° norte) la época idónea para realizar la competencia sería hacia el 20 de marzo, fecha en que comienzan a verse durante el amanecer los objetos más inaccesibles del verano, situados en la constelación de Sagittarius. En el trópico (latitudes 15° a 25° norte) veríamos emerger estos objetos desde algunos días antes, hacia mediados de mes. Por eso la época de elección para la región del Caribe sería alrededor del 15 de marzo.

Más que pretender fijar una fecha exacta convendría hablar de intervalos, adjudicando un margen de unos tres días. Esto significa que en el trópico de Cáncer se experimentaría un intervalo propicio para un maratón Messier entre los días 12 y 18 de marzo de cada año, aproximadamente.

Partiendo de la premisa que hay que romper la noche y que sería más llevadero hacerlo durante fin de semana, e igualmente de la necesidad de realizar el maratón sin interferencia de la Luna, podríamos definir ciertos años "favorables" en los que ambas condiciones coincidirán dentro de un intervalo propicio. Abajo he puesto una tabla con las fechas tentativas para los maratones desde 1993 hasta 2002. Los años favorables —a saber, aquellos en que tanto un fin de semana como una luna nueva ocurrirán, entre el 12 y 18 de marzo— están señalados.

Un maratón Messier no admite el uso de círculos de posición ni de aparatos electrónicos para localización. Contando solo nueve y media horas de oscuridad total (7:45 pm a 5:15 am), se le requeriría al aficionado encontrar un objeto distinto cada cinco minutos. La competencia es muy dura, por lo cual sería recomendable registrarse para participar en grupos de dos o tres observadores por instrumento.

Evidentemente el próximo año tendremos una oportunidad magnífica para realizar un maratón Messier, que sería el primero en Puerto Rico. Sugeriría que la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico organizara

y celebrara esta competencia en marzo de 1994 aprovechando que las circunstancias serán tan propicias.

Maratón Messier			
AÑO	LUNA NUEVA	SABADO MAS CERCANO	FAVORABLE
1993	23 de marzo	20 de marzo	
1994	12 de marzo	12 de marzo	
1995	1 de marzo	4 de marzo	
1996	19 de marzo	16 de marzo	
1997	9 de marzo	8 de marzo	
1998	28 de marzo	28 de marzo	
1999	17 de marzo	20 de marzo	
2000	6 de marzo	4 de marzo	
2001	25 de marzo	24 de marzo	
2002	14 de marzo	16 de marzo	

Años favorables para la celebración de un maratón Messier. Crédito: © 2013 Armando Caussade, CC-BY-4.0. Reservados algunos derechos.

#### Post scriptum (agosto de 2014)

Por diversos motivos el maratón no se llegó a organizar durante el año 1994. Eso sí, la idea caló hondo entre los directivos de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR) y eventualmente se llevaría a término antes de concluir la década.

La competencia se realizó por vez primera el sábado, 20 de marzo de 1999, en la reserva natural Hacienda La Esperanza, localizada en la costa de Manatí. Más aún que la esmerada logística y coordinación efectuada por la SAPR se hizo notar el perfecto estado del tiempo, produciéndose una noche totalmente seca y despejada, y con una atmósfera absolutamente transparente. Aquel cielo, aquellas estrellas y constelaciones, eran sencillamente insuperables.

«Un nutrido grupo de [espectadores] y participantes se distribuyeron en el área de observación con equipos que iban desde binoculares 7×50 hasta un telescopio de 13 pulgadas de abertura. La competencia se inició tan pronto cayó la noche ... [y] las observaciones se prolongaron hasta las 5:50 am de la madrugada del domingo», escribió en abril de 1999 —para la revista *El Observador*— Juan Luis Martínez, uno de los jueces que arbitraron la competencia.

Entusiastas de toda la isla se dieron cita en Manatí, incluyendo un buen número de San Juan, de Bayamón y de Ponce. Se registraron nueve equipos en la competencia, distribuidos en tres categorías (i.e., prismáticos, telescopios pequeños y telescopios grandes) y permaneciendo en pie casi todos los participantes desde el atardecer hasta el amanecer. El entusiasmo del grupo era sorprendente, y a las cuatro de la mañana aquello parecía como las ocho de la noche. Quizás, sabiendo que el siguiente lunes

sería feriado en Puerto Rico y que tendrían un día extra de descanso, se sintieron animados para emprender semejante amanecida.

Resultó crucial el hecho que el cielo se mantuviera limpio de nubes durante toda la noche. La perfecta transparencia del aire fue otro factor determinante, e incluso objetos difusos como Messier 101 se apreciaban con facilidad.



Participantes y espectadores del primer maratón Messier realizado en Puerto Rico. 21 de marzo de 1999, hacia las 5:50 am — Manatí, Puerto Rico. Crédito: © 1999 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

Ante dichas condiciones las tradicionales seis etapas de la competencia discurrieron con normalidad. Observamos primero los objetos críticos del atardecer, seguido por los del invierno y los de primavera. Vimos luego las galaxias en el cúmulo de Virgo, los objetos de verano y finalmente los del amanecer. Naturalmente, hubo aficionados que alcanzaron a apuntar hasta 100 objetos. Una puntuación entre 100 y 110 es considerada ganadora por los expertos.

Otras competencias se han realizado en años posteriores, pero aquella primera fue la mejor. Sin duda alguna constituyó para todos una experiencia inolvidable.

## 11. Cielos oscuros y estrellas de la sexta magnitud

Por Armando Caussade. Redactado en dos partes, en febrero de 1994 y agosto de 1994. Revisado extensamente en octubre de 2014 y actualizado con un *post scriptum* en noviembre de 2019.

Artículos originales para la revista astronómica *El Observador*, abril de 1994 y diciembre de 1994.

Entre los años 1991 y 1994 se registró sobre la cuenca del Caribe un tiempo inusualmente seco, que permitió hacer observaciones astronómicas frecuentes y provechosas. Aunque mantenía cuadernos propios que detallaban estas observaciones no todo iba dirigido para publicación, y en este capítulo se reproducen dos de las cinco notas que llegué a publicar (las otras aparecen en los capítulos 8 y 9).

### Primera parte

El 12 de febrero de 1994 participé de una observación astronómica junto a cuatro colegas de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR). Al igual que otras veces nos trasladamos a las inmediaciones de Santa Isabel, disfrutando de unas condiciones atmosféricas espectaculares.

La noche resultó muy seca y el cielo se mantuvo despejado y transparente hasta nuestra salida. Al atardecer la temperatura ya se sentía agradable y pasada la medianoche se tornó bastante fresca. Nuestro estimado fue de aproximadamente 14 grados Celsius (58 grados Fahrenheit), lo cual casi constituye un récord, teniendo en cuenta que nos encontrábamos en plena costa del mar Caribe.

Fuimos testigos de un auténtico cielo estrellado. Dominaba la bóveda celeste el triángulo invernal — formado por las estrellas *Sirius*, *Procyon* y la célebre *Betelgeuse*— mientras que la luminaria *Canopus* se erguía centelleante a 19° sobre el sur. Las Pléyades, al oeste, lucían espléndidas. Contemplamos a simple vista varios cúmulos estelares, incluyendo a Messier 35 en *Gemini*, Messier 41 en *Canis Major*, Messier 47 en *Puppis*, y NGC 2244 (el cúmulo de la Roseta) en *Monoceros*.

Dos de nuestros colegas —especialistas en fotografía astronómica de espacio profundo— ensayaban la técnica de foco primario empleando un telescopio catadióptrico Celestron C8, mientras que otro, con su imponente refractor de 125 milímetros localizaba los objetos Messier y anotaba sus observaciones.

Yo, en cambio, me dediqué a examinar varias galaxias entre las constelaciones de Leo y Sextans. Hizo lo mismo Ernesto Efraín Santiago, que entonces estaba a mi lado. Utilizamos tanto mi reflector estilo Dobson de 330 milímetros, como el newtoniano ecuatorial de 200 milímetros que había traído Efraín.

Nos impresionó cuán brillantes lucían las estrellas que conforman la figura de *Sextans*, aun cuando algunas de éstas pertenecen a la quinta magnitud. Desviando la mirada hacia el cénit —cerca de *Betelgeuse* y justo al norte de la constelación *Orion*— vimos estrellas aún menores, pero todavía discernibles a simple vista. Consultando el *Sky Atlas 2000.0* de Wil Tirion vimos que dichas estrellas aparecían indicadas con signos correspondientes a la sexta magnitud.

Deseando comprobar si realmente habíamos alcanzado la sexta magnitud, dibujé un campo estelar en que señalaba dos estrellas que parecían encajar en dicha categoría. Sería alrededor de las nueve de la noche cuando realicé el dibujo. Al día siguiente, ya en la casa, encontré que se trataba de las siguientes:

SAO 112979: magnitud 5.9, ascensión recta 5<sup>h</sup> 38<sup>m</sup>.0 y declinación +7° 32'
 SAO 95502: magnitud 6.2, ascensión recta 6<sup>h</sup> 18<sup>m</sup>.1 y declinación +14° 23'

Estos datos resultaron útiles porque demostraban la oscuridad del lugar que habitualmente utilizábamos para observar, así como la viabilidad de nuestra base de operaciones frente a la costa del Mar Caribe.



Astrónomos aficionados realizando observaciones telescópicas. 19 de marzo de 1994, hacia las 5:00 am — Santa Isabel, Puerto Rico. Crédito: © 1999 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

### Segunda parte

El 3 de agosto de 1994 realizamos una exitosa observación astronómica que resultó de las mejores que jamás hemos tenido. Junto a cinco compañeros de la SAPR viajé al litoral sur de la isla. Fue una salida a mitad de la semana, improvisada porque casualmente varios de nosotros nos encontrábamos de vacaciones.

Los pronósticos para esa noche no eran alentadores. Debido a que nuestra región experimenta su máximo de precipitación durante los meses de agosto y septiembre, los cielos estivales quedan propensos a la nubosidad. Subsiste, además, una capa de bruma que reduce significativamente la visibilidad. Grande fue nuestra sorpresa cuando, a eso de las nueve, arribamos a Santa Isabel y encontramos un cielo totalmente despejado y transparente, más propio de invierno que de verano.

La Vía Láctea atravesaba el firmamento de norte a sur y exhibía una extraordinaria luminosidad en toda su extensión. Como si fuera poco, su forma y textura se discernían claramente a simple vista. A lo largo de las constelaciones *Norma*, *Scorpius*, *Sagittarius* y *Scutum* la textura se mostraba difusa, mientras que hacia *Vulpecula*, *Cygnus*, *Lacerta* y *Cassiopeia* ésta era mas bien granular. Dicha disparidad en la textura galáctica —cuya transición es bastante abrupta y se produce en torno a la estrella λ Aquilae—resultaba muy evidente. Vimos también la ramificación o desprendimiento que comienza a la altura de *Cygnus* y que se extiende hasta *Serpens*. La zanja oscura que separa ambas franjas galácticas (la llamada "gran hendidura" de la Vía Láctea) resultaba especialmente llamativa y presentaba un intenso contraste con las mencionadas franjas galácticas.

Tomé un binocular 7×50 y lo dirigí cerca de la estrella *Deneb*, en la constelación *Cygnus*. Saltaron a la vista una buena cantidad de nebulosas oscuras, todas ellas muy bien definidas en forma y tamaño. Observamos también la nebulosa de Norteamérica (NGC 7000), la cual se mostraba grande y clara por el prismático.

Se apreciaba a simple vista una buena cantidad de objetos de espacio profundo. Además de los conocidos Messier 6, Messier 7 y Messier 24 —que lucían obvios al ojo— detectamos los cúmulos Collinder 399 (el cúmulo del gancho de ropa) en *Vulpecula*, NGC 752 en *Andromeda*, así como el doble cúmulo de NGC 869 y 884 en *Perseus*. La galaxia Messier 31 en *Andromeda* lucía muy brillante e incluso enseñaba su forma a simple vista. A través del binocular ocupaba casi la totalidad del campo, y utilizando un 11×80 avistamos claramente sus dos principales satélites, las galaxias Messier 32 y Messier 110. De otra parte, la galaxia Messier 33 en *Triangulum* se mostró impresionante por el 7×50, y durante algunos instantes hasta resultó visible sin ayuda óptica.

La cantidad de estrellas que divisábamos a simple vista era abrumadora. Mi estimado sería de unas tres mil. Las más pequeñas constelaciones de la bóveda celeste como *Scutum*, *Sagitta*, *Delphinus* y *Lacerta*, seconfundían entre esa muchedumbre estelar. Incluso costó trabajo encontrar una constelación tan grande y brillante como *Cygnus*.

Verdaderamente, disfrutamos el privilegio de contemplar un cielo excepcional. La oscuridad era impresionante y el techo estelar se mostraba prístino y hermoso. Tantas estrellas había que, intuitivamente, sabíamos que las más pequeñas correspondían a la magnitud sexta. Pero, ¿habría manera de saberlo con certeza?

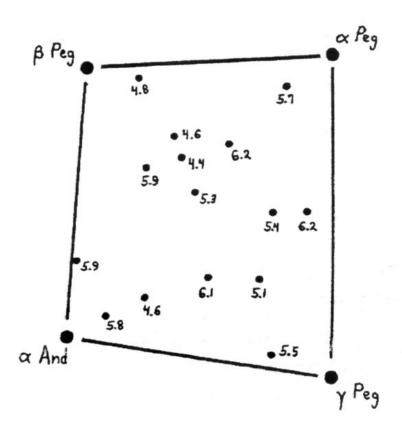
Hacia las once de la noche dirigí la mirada a un campo estelar en plena Vía Láctea, sobre la constelación *Vulpecula*. Realizó también esta observación Juan Luis Martínez, con quien conversaba precisamente en esos momentos. A simple vista y sin dificultad logramos observar la estrella 14 Vulpeculae, cuya magnitud es de 5.7 (o sea, comparable en brillo al planeta Urano).

Hacia las tres de la mañana y viendo que el cuadrado de *Pegasus* justamente atravesaba el cénit, tomé lápiz y papel, y comencé a dibujar cada una de las estrellas que observaba dentro del cuadrado. Veía una docena, aun con mis ojos parcialmente cegados debido a la linterna con que alumbraba el dibujo. Ésta emitía una tenue iluminación rojiza —procedimiento estándar en la astronomía de aficionados, pues la luz roja es la que menos deslumbra— pero aun así considero que este haz luminoso impidió mi completa aclimatación a la oscuridad.

Media hora después terminé con un mapa que incluía quince estrellas, situadas todas en el interior del cuadrado de *Pegasus*. No había traído conmigo los catálogos, así que el cotejo y análisis tendría que

esperar hasta el regreso a la casa. [*Nota del autor*: en aquella época no eran comunes las computadoras portátiles ni los teléfonos inteligentes, por lo que estas consultas dependían de los libros impresos.]

Al día siguiente comparé mi dibujo con los mapas correspondientes en *Sky Atlas 2000.0* y encontré que cada una de las quince estrellas coincidían exactamente con otras tantas en el atlas. Esto se traduce en un resultado 100% positivo. Luego consulté el *Sky Catalogue 2000.0* de Hirshfeld y Sinnott, hallando que entre las quince estrellas dibujadas había dos con magnitud visual de 6.2 y una de 6.1.



Dibujo del autor que muestra quince estrellas vistas a simple vista, dentro del cuadrado de Pegasus. 4 de agosto de 1994, hacia las 3:00 am — Santa Isabel, Puerto Rico. Crédito: © 1994 Armando Caussade, CC–BY–4.0. Reservados algunos derechos.

Las estrellas con magnitud de 6.2 y 6.1 fueron las siguientes:

65 Pegasi: magnitud 6.2, ascensión recta 23<sup>h</sup> 22<sup>m</sup>.7 y declinación +20° 50'
 74 Pegasi: magnitud 6.2, ascensión recta 23<sup>h</sup> 37<sup>m</sup>.7 y declinación +16° 50'
 SAO 91548: magnitud 6.1, ascensión recta 23<sup>h</sup> 52<sup>m</sup>.4 y declinación +21° 40'

En algunas referencias se identifica la estrella SAO 91548 como 83 Pegasi.

Me parece razonable alegar que, de haber tenido mi vista completamente habituada a la oscuridad el límite hubiera quedado entre 6.5 y 7.0. También sería razonable pensar que, si hubiésemos realizado la observación desde las localidades insulares de Vieques y Culebra —donde la iluminación nocturna es casi inexistente— hubiéramos podido alcanzar sin dificultad una magnitud entre 7.0 y 7.5. El 6 de agosto de 1994 la SAPR viajó a Quebradillas, en la costa del noroeste de Puerto Rico. Allí, bajo

cielos muy transparentes dibujé otro mapa del cuadrado de *Pegasus*, el cual incluía veintiuna estrellas de las cuales dieciocho resultaron positivas. De éstas, dos arrojaron una magnitud de 6.4. Juan Luis Martínez realizó también un dibujo de *Pegasus*, obteniendo resultados similares.

## Post scriptum (diciembre de 2019)

Han transcurrido veinticinco años desde que realicé aquellas observaciones, y con lástima tengo que informar que no he podido repetirlas. Muchas veces lo he intentado, pero el manto de iluminación artificial que cada noche arropa la isla de Puerto Rico se ha tornado impenetrable. Basta apreciar una fotografía nocturna de la isla tomada por satélite para comprender la magnitud del problema.

Los cielos de Santa Isabel, que en aquella época quedaban sólidamente ubicados en el nivel 4 de la escala Bortle —existiendo incluso algunos reductos donde se alcanzaba el nivel 3— ahora han descendido al nivel 5. Esta escala, que con tanta eficacia describe la calidad lumínica del cielo nocturno, fue presentada por el astrónomo aficionado John E. Bortle en el año 2001.

Veo el problema cada vez peor, y costará no menos de diez años recuperar la oscuridad que al menos teníamos hace veinticinco. ¿Qué hacer ante esta situación? Como ciudadanos tenemos el deber de hablar públicamente y crear conciencia sobre los efectos adversos de la contaminación lumínica.

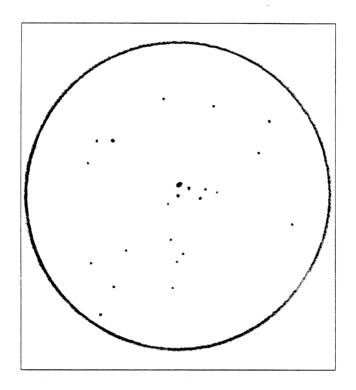
Refiero al lector al capítulo 8 de este libro donde se resumen algunas otras observaciones astronómicas realizadas bajo condiciones de razonable oscuridad, e igualmente a los capítulos 5 y 6 de mi libro *Ramblings from the Universe* donde se cuantifica el problema empleando la escala Bortle.

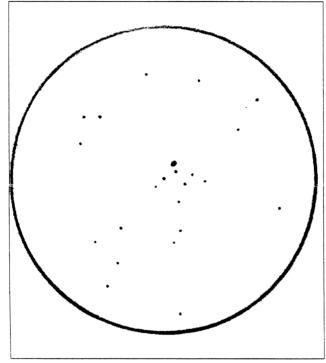
# 12. Observaciones del cometa Borrelly

Por Armando Caussade, octubre de 1994. Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, noviembre de 1994.

El 1.º de octubre de 1994 viajé junto a un grupo de cinco aficionados de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR) a la costa de Santa Isabel, donde fue posible localizar y observar mediante telescopios el cometa Borrelly (19P/Borrelly). Después del fracasado intento del 3 de septiembre en la costa de Manatí —que en realidad se hizo bajo condiciones atmosféricas bastante pobres— nuestro deseo de encontrar el cometa fue firme.

Nos deleitamos observando el segmento de la Vía Láctea que discurre entre las constelaciones *Cassiopeia y Perseus*, mientras esperábamos que el cometa se presentara en la madrugada. Hacia las 2:15 am se acercaron a mí varios colegas sugiriendo que intentara yo la búsqueda. Llevaban un buen rato sondeando el cielo al este de Orion, pero nada aparecía.





P/Borrelly. 7:17 UT 87X Mon. 6 inch f/5 SN, 8.8 mm ultra wide angle.

P/Borrelly. 8:13 UT 87X Mon. 6 inch f/5 SN, 8.8 mm ultra wide angle.

Mapa de un campo estelar en Monoceros que muestra el cometa Borrelly (19P/Borrelly). Se observa claramente el movimiento del cometa a lo largo de un período de 56 minutos. 2 de octubre de 1994, entre 3:15 am y 4:15 am — Santa Isabel, Puerto Rico. Crédito: © 1994 Juan Luis Martinez. Reproducido con la debida autorización.

Tomé el telescopio que ofreció Ernesto Efraín Santiago, un reflector newtoniano clásico de 200 milímetros a f/6, y apunté en dirección a la constelación Monoceros, centrándome en el área que

indicaban los mapas. Varios minutos después aparecía el cometa precisamente en la posición señalada: unos 3° al sur de la estrella  $\varepsilon$  Monocerotis. Con la ayuda del atlas *Uranometria 2000.0* medimos la ubicación exacta del cometa en ese momento: ascensión recta  $6^h$   $22^m$ .4 y declinación  $+1^\circ$  33'.

El tamaño angular de la coma resultó entre 1.0 y 1.5 minutos de arco, y la magnitud aparente del cometa entre 9 y 10. Dicha luminosidad resultó más reducida de lo pronosticado, ya que la efemérides publicada por la revista *Sky & Telescope* proyectaba una magnitud de 8.9. Tampoco reveló nuestro escrutinio rastro alguno de cola.

Vimos luego el cometa a través de un refractor de 125 milímetros y también por un catadióptrico de 150 milímetros operado por Juan Luis Martínez. Luego de la observación, Juan Luis —veterano observador astronómico— se dedicó a dibujar el cometa según visto por su telescopio, poco después de las 3:00 am y nuevamente hacia las 4:00 am. Una comparación entre los dos dibujos muestra claramente el movimiento del cometa en dirección noreste.

El cometa Borrelly fue descubierto en 1904 por el astrónomo francés del mismo nombre. Su período de traslación fluctúa entre 6.8 y 7.0 años y alcanzará su distancia mínima al Sol —su perihelio— el 1.º de noviembre de 1994. Durante ese mes tendrá su mayor visibilidad y se prevé que alcance la magnitud 7, lo cual implica que sería detectable aun sin telescopio, empleando solo un binocular.

El 9 de octubre de 1994 avistamos nuevamente el cometa Borrelly desde Utuado, en el interior montañoso de la isla, bajo el cielo más transparente que hemos visto en los últimos meses. Lucía algo más brillante y apareció en el cielo un poco más temprano, aunque aún después de la medianoche.

## 13. Debuta una nueva estrella en movimiento

Por Armando Caussade, 16 de diciembre de 2000. Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, enero de 2001.

La Estación Espacial Internacional (ISS, por su sigla en inglés) es un satélite habitable que ubica en la llamada *órbita baja* de la Tierra, con una trayectoria elíptica que dista entre 417 y 427 kilómetros de la superficie terrestre Su velocidad media orbital casi alcanza unos 8 kilómetros por segundo, lo cual significa que completará una vuelta en torno al globo terraqueo en apenas 93 minutos.

Su construcción comenzó el 20 de noviembre de 1998 y más recientemente —el 2 de noviembre de 2000— se envió la primera tripulación compuesta por tres astronautas, dos rusos y un estadounidense llegados en una cápsula rusa Soyuz. Considerada una maravilla de la ingeniería y administrada por un consorcio integrado por varias agencias espaciales, la ISS se perfila como una oportunidad dorada para promover la paz mediante la cooperación científica entre naciones.



La Estación Espacial Internacional en noviembre de 2000. Crédito: NASA Science News.

La ISS atravesó el cielo de San Juan el 7 de diciembre de 2000, lo cual constituye una de sus primeras apariciones en la región del Caribe. Conociendo con anticipación el paso de la Estación sobre mi localidad y gozando de condiciones atmosféricas muy favorables, realicé la observación que describo a continuación.

Salí afuera al atardecer y precisamente a las 6:20 pm apareció la ISS, justo al sur de las estrellas  $\alpha$  y  $\beta$  Gruis y presentando una magnitud de +1.0. Atravesó las constelaciones *Phoenix* y *Sculptor* aumentando gradualmente su brillo y velocidad, y dos minutos después entró en *Cetus* donde alcanzó su visibilidad máxima, sosteniendo una elevación de 45° sobre el sureste y una magnitud de -1.0.

Entró luego en *Taurus*, pasando apenas 2° al sur de Saturno y 4° al norte de Júpiter. Cuando se acercó a Saturno era de magnitud -0.5, pero al pasar junto a Júpiter su luminosidad había ya mermado apreciablemente, tornándose también más lento su movimiento. Poco después, a las 6:24 pm exactamente, desapareció la ISS a poca altura sobre el horizonte este, perdiéndose en la región oriental de *Taurus*.



Mapa que muestra en color azul claro las regiones de potencial visibilidad de la Estación Espacial Internacional. Crédito: NASA, <u>Science@NASA</u>.

La ISS recién se ha hecho visible porque en el mes pasado (noviembre de 2000) se añadió el primer conjunto de paneles solares, lo cual se tradujo en un incremento en la extensión de la nave, y por ende, de su brillo. Se ha planificado agregarle módulos adicionales, lo cual implica que la luminosidad futura de la estación podría alcanzar hasta –4 o –6, es decir, tan brillante como el planeta Venus.

El detalle a resaltar seria que la ISS circula la Tierra con una inclinación de 51°.6 respecto del ecuador, lo cual significa que su observación sería posible desde cualquier lugar que quede ubicado entre los paralelos 52° norte y 52° sur. En el cielo de Puerto Rico aparecerá periódicamente, quizás en varias ocasiones cada dos o tres meses.

# 14. El eclipse total lunar de 15 de abril de 2014

Por Armando Caussade, 18 de abril de 2014. Material inédito para la 4.ª edición de este libro, publicada el 21 de junio de 2017.

El eclipse total lunar del 15 de abril de 2014 me pareció el más interesante de los diez eclipses totales que he visto desde 1989. A diferencia de ocasiones anteriores observé sin telescopio y menos aún me preocupé de fotografiar. Tampoco me lancé a seguir el progreso de la sombra terrestre sobre la Luna a lo largo de las horas. Desde mi casa en Río Piedras vi el eclipse por instantes durante las fases parciales, y continuamente durante los primeros quince minutos de la totalidad.



Secuencia fotográfica del eclipse total lunar de abril de 2014, el primero de la tétrada. 15 de abril de 2014, entre 2:00 am y 4;00 am — Caguas, Puerto Rico. Crédito: © 2014 Fernando Roquel Torres. Reproducido con la debida autorización.

El eclipse fue contemplado en toda la isla de Puerto Rico y disfrutado por muchas personas gracias al aire seco y a los cielos despejados que prevalecían sobre la región. Ocurrido un martes en la madrugada, los medios de comunicación habían anticipado ampliamente este fenómeno celeste desde el fin de semana anterior, y en la prensa digital de ese martes apareció, desde el amanecer, una buena cantidad de reportes enviados por la población. A pesar de la hora tan temprana en que ocurrió, podría tratarse del

eclipse lunar más visto y fotografiado desde Puerto Rico.

Este eclipse es el primero de cuatro relacionados entre sí. Una *tétrada* agrupa cuatro eclipses totales de la Luna ocurridos bajo intervalos de 173 días, o casi seis meses, tiempo que demora la órbita lunar en coincidir con la órbita terrestre, la *ecliptica*. Existen también tétradas de eclipses solares, aunque menos frecuentes.

La efemérides del eclipse lunar de 15 de abril de 2014 es la siguiente:

Comienzo de la fase penumbra	1 12:54 am
Comienzo de la fase parcial	1:58 am
Comienzo de la totalidad	3:07 am
Mitad del eclipse:	3:46 am
Fin de la totalidad	4:25 am
Fin de la fase parcial	5:33 am
Fin de la fase penumbral	6:38 am

Aunque ya avanzada la madrugada y con nuestro satélite cayendo entre 40° y 23° de altura durante la totalidad, la Luna eclipsada aún sostenía una elevación cómoda y razonable para su observación. Curiosamente, la Luna atravesaba la constelación *Virgo*, pasando entonces a solo un grado de la conocida estrella *Spica*.

El eclipse mostró el acostumbrado color rojo cobrizo, que juzgué regular —ni muy claro ni muy oscuro — aunque algunos estimados lo clasificaron como más opaco que la norma (entre 1 y 2 en la escala Danjon). El lado austral de la Luna lucía bastante más brillante, cosa que inmediatamente me trajo a la mente el eclipse del 20 de febrero de 2008, que retraté y que reproduzco en la página 292 de este libro.

Pero lo más sorprendente de todo —y que jamás olvidaré— fue el juego de colores que pude apreciar en la esfera celeste, pues la Luna eclipsada se encontraba muy próxima de varios astros de intenso color naranja. A solo nueve grados de ella brillaba con fuerza el planeta Marte, entonces en oposición, mientras que Saturno distaba 27 grados, ubicándose en *Libra*. De otra parte la estrella anaranjada *Arcturus* se veía intensísima a 32 grados de distancia, y la rojiza *Antares* a 45 grados.

Todo eso pude observarlo sin necesidad de recurrir a un telescopio.

## 15. Relato del eclipse total solar observado el 26 de febrero de 1998

Por Armando Caussade, 24 de agosto de 1998. Revisado extensamente el 25 de noviembre de 2019. Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, septiembre de 1998.

Advertencia: Nunca se debe mirar el Sol, pues la ceguera causada por la luz solar es incurable.

Loriental del Mar Caribe. Con ese propósito me trasladé a la isla de Curazao, siguiéndole la pista a la célebre corona solar que apenas se deja ver durante la totalidad de un eclipse total. Bajo cielos completamente despejados pude allí observar la corona durante una totalidad de tres minutos y medio, lo que sin duda representa el más impresionante suceso astronómico que jamás he contemplado.

Los eclipses constituyen un fenómeno natural que toda persona debería presenciar alguna vez en la vida, y mediante este relato compartiré todo lo que pensé, ví y sentí a lo largo de este eclipse. A lo largo de la travesía y particularmente durante la observación del eclipse, me acompañaron tres queridas personas: mi hermano Jorge A. Caussade, y la profesora Gladys Ríos con su hijo, el artista Juan Villafañe, ambos colegas de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR) a quienes conocía desde el año 1996.

## **Preparativos**

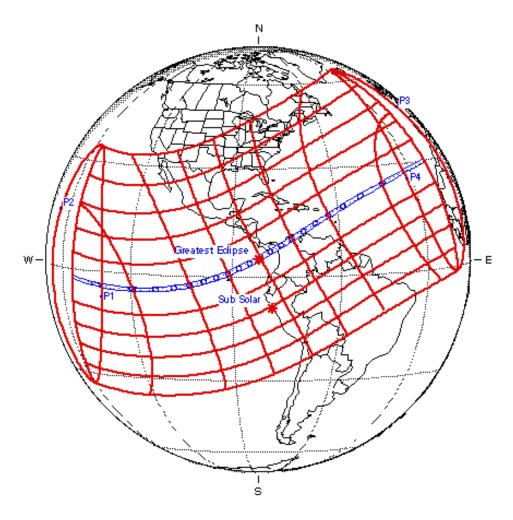
Años atrás, el 11 de julio de 1991 se había registrado en México y en América Central un magnífico eclipse de Sol cuya totalidad tuvo una duración excepcional de 6 minutos y 53 segundos. Dicho evento fue presenciado por varias personas de la SAPR, y tras escuchar sus apacionados testimonios se despertó un fuerte interés entre los que nunca habíamos visto algo como aquello. El resultado fue que algunos nos pusimos a examinar las efemérides para los años siguientes, descubriendo que el 26 de febrero de 1998 ocurriría otro eclipse total que podría observarse desde localidades relativamente cercanas.

Ese eclipse de 1998 resultaba idóneo debido a una oportuna coincidencia de tres hechos infrecuentes: 1) la cercanía de la franja de totalidad, cuya distancia a nosotros no superaba los 1,000 kilómetros; 2) la considerable duración de la totalidad, calculada en 4 minutos y 9 segundos; y 3) la aridez del clima en las tierras cubiertas por la totalidad —i.e., los estados de Zulia y Falcón en Venezuela, así como las islas de Aruba y Curazao— lo cual se traducía en una mayor probabilidad de cielos despejados durante el eclipse. Vimos también que no se repetiría un eclipse tan favorable para nosotros sino hasta el año 2017.

Ante tales hechos, en 1994 me decidí a presenciar este eclipse. Deseando más información, adquirí el libro entonces considerado como referencia en el tema, el canon de los eclipses solares editado por el astrónomo Fred Espenak (*Fifty Year Canon of Solar Eclipses: 1986–2035*), que salió como publicación conjunta de la NASA y Sky Publishing. Dicho libro contiene una tabulación de coordenadas geográficas que nos permitió, desde tan temprano como 1995, conocer con exactitud la ruta terrestre que seguiría la totalidad; esto fue absolutamente necesario para determinar el sitio a dónde nos deberíamos trasladar.

A principios de 1997 comenzamos en la SAPR a discutir el asunto con mayor regularidad, aunque tuvimos claro desde el principio que no todos procuraríamos los mismos planes de viaje. Dentro de la SAPR muchos preferían una excursión corta que les permitiese retornar a Puerto Rico el mismo día, opinión que luego cristalizó en una expedición de doce horas a la vecina nación de Antigua y Barbuda,

mientras que otro grupo optó por organizar una excursión a la isla de Aruba. En el caso mío y de mis futuros acompañantes, la prioridad no era exactamente la reducción del costo o la brevedad de la estadía sino la importancia de evitar situaciones de mal tiempo. Es decir, nuestro destino geográfico se decidió sobre la base del clima, y el lugar a seleccionarse sería aquel que presentara los cielos más despejados.

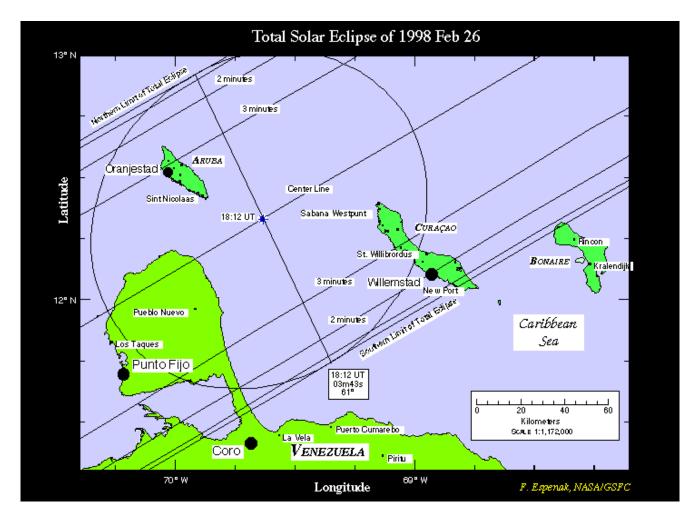


Recorrido del eclipse sobre la Tierra; la franja azul representa la totalidad. Obsérvese el paso de la sombra lunar a través de la región oriental del Mar Caribe. La trayectoria discurre en un 90% sobre el mar. Crédito: Fred Espenak, NASA / GSFC.

Lo que ya sospechábamos, que en cuestión de clima la zona más favorecida era el litoral venezolano y las Antillas Holandesas, lo pudimos confirmar desde dos años antes del eclipse. En su edición de 1996, el reputado *Observer's Handbook* (anuario de la Real Sociedad Astronómica del Canadá) publicó un extenso artículo del meteorólogo Jay Anderson que resumía el perfil climatológico de la región, país por país. Por ejemplo, se indicaba que en febrero de cada año la ciudad de Maracaibo recibía un 74% de tiempo soleado, mientras que la isla de Curazao contabilizaba un 84%; en cambio, la isla de Guadalupe, que también quedaba entre las tierras tocadas por el eclipse, registraba solo un 68%.

Pertrechado de esta información, el 25 de septiembre de 1997 adquirí dos pasajes de ida y vuelta con destino a Curazao, más una estadía de cuatro días y tres noches en el *Curaçao Caribbean Hotel and* 

*Casino*. Esa misma tarde hablé por teléfono con la profesora Gladys Ríos comentándole las gestiones realizadas, y el 6 de octubre me devolvería ella la llamada indicando que también había adquirido sus respectivos pasajes y reservaciones. De esta manera quedaba definitivamente organizada nuestra expedición a las Antillas Holandesas para observar el tan esperado recorrido de la Luna freante al Sol.



Trayectoria de la totalidad (con tiempos de duración) sobre las Antillas Holandesas. Obsérvese la notable variación en la duración de la totalidad sobre la isla de Curazao. Crédito: Fred Espenak, NASA / GSFC.

El año 1998 abrió con una gran expectación. En cumplimiento de su misión educativa, la SAPR celebró el 18 de febrero una conferencia publica que trató en buena medida sobre las precauciones a tomar durante la observación de los eclipses solares. El entusiasmo de los participantes era evidente y de manera espontánea se iniciaron varias tertulias grupales, tanto antes como después de la intervención de los oradores. Junto con mi hermano y tras encontrarnos allí con Gladys y Juan, conversamos con personas como Luis Maura y Joaquín García de la Noceda, que habían planificado expediciones respectivas a las islas de Aruba y de Antigua y con quienes intercambiamos nuestros deseos de éxito.

Al comenzar la vacación que había solicitado para esas últimas dos semanas de febrero, aproveché para leer y estudiar sobre los eclipses solares; pasé horas interminables conectado al Internet, pues entonces las conexiones eran lentas y se hacían mediante módem analógico. Lo mejor que encontré fue la página

web del astrónomo Espenak (<a href="http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html">http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html</a>) que había publicado mediante el auspicio del Centro de Vuelo Espacial Goddard, un laboratorio de la NASA. Debido a las numerosas tablas y mapas que abarcan el increíble período de 5,000 años, esta web creada por Espenak representa un trabajo monumental que supera cualquier obra impresa. Precisamente, la información allí adquirida ampliaba y mejoraba los datos que anteriormente había extraído del canon de los eclipses.

Ya disfrutando de mis vacaciones y faltando solo una semana para el eclipse, mi comunicación con los amigos Gladys y Juan se hizo casi diaria. El sábado, 21 de febrero, mi hermano y yo nos reuníamos con ellos para finiquitar detalles logísticos, ocasión que aproveché para mostrar una simulación audiovisual del eclipse que había preparado mediante computadora, la cual reducía las casi tres horas del evento a unos dos minutos. Además, se estrenó la videocámara que Juan utilizaría para filmar el Sol y que fue adquirida, en gran medida, para filmar este eclipse. Sobre todo, nos dispusimos a verificar los filtros de milar aluminizado que utilizaríamos para proteger la óptica de este instrumento, pues el uso del filtro solar sería obligatorio en todo momento, salvo en los breves instantes que duraría la totalidad.

## Piscadera Bay

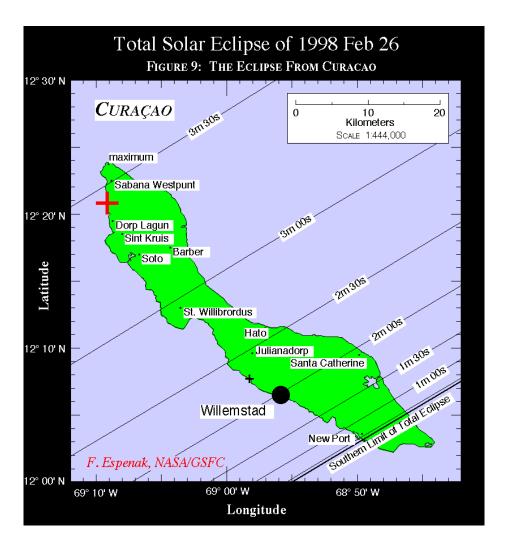
El martes, 24 de febrero de 1998 —dos días antes del eclipse— abordé junto con mi hermano el vuelo 334 de ALM con ruta de San Juan a Curazao, pues según planificado Gladys y Juan volarían el día siguiente. Tras un viaje corto y agradable bajamos inmediatamente del avión, divisando desde la pista aérea un cielo perfectamente despejado y azul, lo cual nos hizo pensar que, en efecto, habíamos elegido el lugar idóneo para presenciar el evento. Durante el trayecto al hotel, de unos seis kilómetros y que duró quizás unos quince minutos, pudimos observar que el clima era tan seco como habíamos previsto pues la vegetación era escasa y consistía principalmente de cactus y otras plantas espinosas.

Al atardecer llegamos a la localidad de Piscadera Bay e inmediatamente ingresamos en la hospedería, que a estas fechas estaba ya abarrotada, como también lo estaban todas las aeronaves y embarcaciones que circulaban por la región. Se nos asignó un apartamento en los anexos que ubicaban en el lado suroriental del edificio principal, justo frente al mar y donde podía verse la llegada y partida de buques petroleros. Entrada la noche encendimos la televisión, y cuál sería nuestra sorpresa al toparnos con una transmisión directa de los desfiles de clausura del carnaval, que se realizaban en la ciudad capital de Willemstad y donde muchos de los disfraces hacían alusión al Sol, a la Luna y al estudio del universo.

Durante la mañana del miércoles, 25 de febrero, nos dedicamos exclusivamente a organizar el viaje que nos conduciría hasta el sitio óptimo de observación. En realidad, la totalidad sería visible desde prácticamente la isla completa, incluyendo la zona turística de Piscadera Bay donde nos hallábamos nosotros en aquel momento, con una totalidad de unos 2 minutos y 20 segundos. Sin embargo, existía la oportunidad de ampliar este período hasta unos 3 minutos y 32 segundos, tiempo que representaba la mayor duración posible desde la isla de Curazao y que conllevaría transitar unos treinta kilómetros hasta Punta Watamula, una localidad que marca el extremo nor-occidental de la isla. En realidad nada nos obligaba a dejar la comodidad del hotel, aunque la idea de añadir aquel minuto era tentadora.

Fuera de Curazao existían otras maneras de prolongar la totalidad, aunque impracticables para nosotros. A riesgo de extenderme puedo explicar lo siguiente: 1) la duración máxima de la totalidad en las Antillas Holandesas alcanzaría unos 3 minutos y 43 segundos, situación que se dio a medio camino entre Aruba y Curazao y que atrajo a muchos barcos cruceros. De otra parte, 2) la duración máxima absoluta fue de unos 4 minutos y 9 segundos, aunque ocurrida en un sitio poco navegado del océano Pacífico que ubica 500 kilómetros al sur de Panamá. Todo esto puede verse en los mapas que acompañan el texto.

A media mañana atravesamos el vestíbulo del hotel y nos acercamos a unos puestos identificados con un inmenso letrero que leía *Tourist Information Center*. Sin embargo, tan pronto pronunciamos la palabra "eclipse" nos informaron que las excursiones que ellos organizaban ya se habían vendido. Miramos a nuestro alrededor y nos percatamos que no éramos los únicos en esa situación. Eso sí, nos dijeron que alrededor del edificio circulaban choferes privados en busca de clientela para el eclipse, y que esa solución sería la adecuada para nosotros. Nada, en el peor de los casos permaneceríamos en el hotel, pues ya en este lugar teníamos la garantía de dos minutos de totalidad; y repito que no existía una necesidad imperiosa de viajar, más allá de la ambición de ganar un minuto adicional en la totalidad.



Trayectoria de la totalidad sobre la isla de Curazao.

El balneario de Grote Knip se indica con una cruz de color rojo, y la localidad de Piscadera Bay donde ubicaba nuestro hotel está indicada con una pequeña cruz negra. Es evidente la considerable ganancia obtenida en la duración de la totalidad a raíz de nuestro traslado al noroeste de la isla. Crédito: Fred Espenak, NASA / GSFC.

Junto con mi hermano me entretuve recorriendo el edificio hasta que coincidimos con un taxista quien nos ofreció transportación de ida y vuelta hasta Punta Watamula, en el noroeste de la isla. Llamado Ronnie, lo contratamos inmediatamente y nos ajustamos para las ocho de la mañana del día siguiente. Aliviados tras completar este trámite, salimos de la hospedería para ir a pasear durante el resto el día.

Después de un sustancial y delicioso almuerzo, a las dos y media de la tarde tomamos una excursión de tres horas que nos llevaría a la ciudad de Willemstad. En el trayecto desde Piscadera Bay hasta el casco urbano atravesamos algunos suburbios, pasando junto al hospital St. Elizabeth; nos detuvimos luego en el cementerio judío —primero del hemisferio, consagrado por los sefarditas en 1659— como también en el Museo de Curazao, establecido en una antigua mansión colonial. Ya en la ciudad cruzamos el famoso puente Reina Juliana, que comunica los dos barrios históricos que conforman la municipalidad: Punda y Otrobanda. Posteriormente visitamos una destilería dedicada a la producción un licor autóctono, denominado *Curaçao* y que se elabora secando al sol la cáscara de un fruto parecido a la naranja.

A nuestro regreso y justamente al atardecer nos encontramos con los colegas Gladys y Juan, que apenas llegaban del aeropuerto. Completado ya nuestro grupo de cuatro personas, a las ocho de la noche acudimos al restaurante Garuda que se especializaba en cocina indonesia, y que ubicaba a medio camino entre nuestro hotel y una hospedería vecina. La cena de plátanos, arroz frito, fideos orientales y carnes asadas, fue tan abundante como exquisita; pero lo más impresionante de la ocasión fue encontrar un centenar de personas —en un espacio que normalmente no acomodaría más de cincuenta— conversando apasionadamente sobre el inusual acontecimiento que habría de presenciarse el día siguiente.

El jueves, 26 de febrero de 1998, nos despertamos mi hermano y yo a las siete de la mañana. El gran día había llegado. Aunque faltaban aún cinco horas y media para el comienzo del eclipse, la excitación que sentíamos por el evento, más la urgencia de reunir a nuestros amigos y de encontrarnos con Ronnie, nos llevaría a posponer el desayuno. Después de una última revisión para verificar el instrumental, a las ocho en punto emprendíamos el viaje hacia Punta Watamula. Pero al dejar el edificio nos llevamos una desagradable sorpresa, pues levantando la mirada observamos un cielo totalmente cubierto de nubes, sin huecos, y en el cual era posible discernir un completo espectro de las tonalidades del gris.

Abordando el vehículo me dirigí a Gladys, diciéndole: «¿Has visto las condiciones del tiempo?». Suspirando, respondió: «Sí, y Dios quiera que mejore. Hablé por teléfono con parientes en Puerto Rico y me han dicho que allá también se ve nublado». Al escuchar esto me preocupé aun más; si se tratara de un sistema de baja presión que arropaba toda la cuenca del Caribe, estaríamos perdidos. Entonces intervino nuestro guía Ronnie, dejando atrás su introversión: «¿Por qué no suspendemos los pronósticos hasta el mediodía?». Nos explicó que en Curazao son habituales los amaneceres nublados, pero que las nubes tienden a disiparse según avanza la mañana, y las tardes luego resultan soleadas. Añadió que en días recientes así había ocurrido, y que no dudaba que ese patrón ahora volvería a repetirse.

## **Grote Knip**

Luego de una improvisada parada de cuarenta minutos en la cueva de Boka Tabla, alcanzamos Sabana Westpunt hacia las nueve y media. Al llegar a este poblado, que dista apenas dos kilómetros de Punta Watamula, no nos sorprendió ver que las playas estuvieran atestadas de gente ni que la carretera quedara tan congestionada que hasta el tránsito se detenía. Por recomendación de Ronnie nos alejamos de la zona, emprendiendo un retroceso de varios kilómetros que eventualmente nos llevaría hasta un balneario menos concurrido, denominado en holandés *Grote Knip* y en papiamento *Playa Kenepa Grandi*.

Después de un rápido cálculo mental, le expliqué a mis colegas que esta pérdida de cinco kilómetros con relación a Punta Watamula apenas representaría una reducción de cuatro o cinco segundos en la duración de la totalidad; es decir, que en nada se afectaban nuestros planes por el hecho de sustraer cuatro segundos de aquellos 3 minutos y 32 segundos. La conclusión unánime fue que el sosiego y accesibilidad de este sitio improvisado compensaba con creces aquella pequeña merma de la totalidad.

Bajo aquel cielo gris y encapotado no le veíamos mucha esperanza al eclipse, pero de cualquier modo le solicitamos a Ronnie que detuviera el automóvil frente al balneario de *Grote Knip*. Hacia las diez y cuarto se sintió una leve llovizna, a pesar de lo cual bajamos del vehículo e inspeccionamos el terreno, delimitando rápidamente un espacio que hallamos cercano a la entrada y que elegimos como base de operaciones. Afortunadamente, encontramos en la playa unos quioscos donde vendían frituras y refrescos, alimentos que consumimos con agrado y que nos servirían de sustento hasta media tarde.

Aunque disponíamos de mapas detallados y conocíamos nuestra ubicación, era poco lo que podíamos allí hacer para computar circunstancias locales del eclipse, pues conviene recordar que las computadoras portátiles aún no eran frecuentes en aquella época. Así las cosas, nos dejamos guiar por los cálculos relativos al poblado de Sabana Westpunt, que sí teniamos a la mano y que realmente no debían variar para nosotros por más de cuatro o cinco segundos. Sería luego del regreso a casa que lograríamos calcular la efemérides del eclipse según visto desde *Grote Knip*, mediante programas de computadora que se basaban en los algoritmos del matemático Jean Meeus. La efemérides aparece a continuación.

#### CIRCUNSTANCIAS LOCALES DEL ECLIPSE:

Latitud geográfica	+12° 21 (+12°.347)
Longitud geográfica	-69° 09 (-69°.152)
Elevación topográfica	+2 metros
Zona horaria	GMT-04:00
Comienzo de la fase parcial	12:40:40 pm
Comienzo de la totalidad	2:11:25 pm
Mitad del eclipse:	2:13:09 pm
Fin de la totalidad	2:14:53 pm
Fin de la fase parcial	3:37:05 pm
Duración de la totalidad	3 minutos y 28 segundos
Magnitud máxima del eclipse	1.0140
Altura del Sol a la mitad	+60° 30'
AT (delta T)	+63.1 segundos

Nota: La magnitud de un eclipse se refiere a la fracción del diámetro solar ocultada por la Luna durante un momento dado del evento. No tiene nada que ver con la escala de magnitudes estelares.

La geografía de la costa era interesante. La playa estaba rodeada por sendos promontorios de piedra caliza sobre los cuales crecían cactus y arbustos, como asimismo unos árboles con hojas diminutas, identificándose allí los mismos géneros de vegetación árida que crecen en la costa del sur de Puerto Rico y en las otras antillas mayores. Por otro lado, el mar presentaba una tonalidad muy clara justamente donde tocaba la arena, como un azul turquesa que cambiaba abruptamente a un azul marino según se alejaba de nosotros; este gradiente fue incluso captado en varias de las fotografías que obtuvimos.

En *Grote Knip* habían izado bandera astrónomos de diversas nacionalidades; a estos cazadores de eclipses se les identificaba por sus camisetas y sombreros impresos con el lema de "Saros 130". El término *saros*, de origen babilónico, se refiere a un ciclo de 18 años, 11 días y 8 horas, tras el cual la Tierra y la Luna regresan aproximadamente a la misma posición en sus órbitas, una circunstancia que producirá eclipses parecidos entre sí, aunque el apelativo saros se emplea también para numerar los

consecutivos ciclos de eclipses. Por ejemplo, el saros 130 (o ciclo 130) representa una familia integrada por 73 eclipses solares, de los cuales el ocurrido aquel 26 de febrero de 1998 fue el número 51.

Cerca de nuestro campamento se habían instalado varios miembros de la *Houston Astronomical Society*, a quienes tuvimos como vecinos y que constituían el grupo más concurrido de cuantos habían venido a esta playa, con excepción de otras dos nutridas agrupaciones que habían viajado desde Gran Bretaña.

Hacia las once de la mañana se evidenció una mejoría notable en las condiciones del tiempo; las nubes empezaron a fragmentarse y surgieron los primeros claros en los que empezaba a divisarse el cielo azul. Naturalmente, según se disolvían las nubes comenzó a sentirse un calor insoportable, aunque sabíamos que por causa del eclipse la intensidad del Sol pronto empezaría a disminuir. Durante este tiempo Juan se ocupaba en instalar la videocámara que había traído, mientras que Gladys se entretenía contemplando la belleza natural del lugar. Mi hermano y yo, por otro lado, nos dedicamos a escuchar una narración del eclipse solar de 1991, según visto desde México por los astrónomos del campamento adyacente.

A mediodía recordamos las acertadas palabras de nuestro guía y chofer, pues mirando al firmamento comprobamos que lucía relativamente despejado, y a las doce y media quedaría limpio del todo.

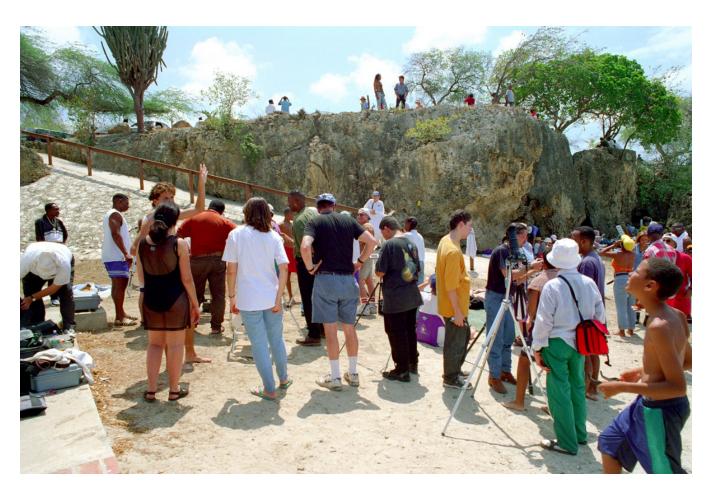


Aspecto del balneario de Grote Knip a mediodía, antes que comenzara el eclipse. Se aprecia un cielo mayormente despejado, con algunos nubes que pronto terminarían disipándose. 26 de febrero de 1998, hacia las 12:00 pm — Grote Knip, Curazao. Crédito: © 1998 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

# Fases parciales

A las 12:45 pm (magnitud del eclipse: 0.06) vimos la primera mordida de la Luna sobre el Sol. Para esto usamos la videocámara que Juan había instalado, un aparato relativamente modesto en comparación con otros que vimos desplegados en la playa; sin embargo, el enorme visor de esta cámara, que permitía mirar con facilidad y en tiempo real cómo el disco solar iba ocultándose tras la Luna, atrajo hasta nosotros un buen número de personas. La potencia del lente *zoom* era suficiente para agrandar el disco solar hasta un tamaño impresionante, y el instrumento resultó magnífico como método seguro para mirar el Sol —de manera indirecta y sin riesgo—, suplementando así las gafas filtradas que habíamos traído.

Hacia la 1:30 pm (magnitud 0.54) comenzamos a percibir sutiles alteraciones del entorno. Se ha dicho que en los eclipses solares la atenuación del calor comenzará a evidenciarse cuando la fracción oculta del diámetro solar alcance la mitad, y esto pudimos comprobarlo empíricamente. La intensidad del Sol había comenzado a ceder, situación que trajo un alivio estupendo pues en la playa apenas teníamos lugar dónde guarecerse de los rayos solares. La temperatura seguiría luego mermando, registrándose en medio de la totalidad un descenso absoluto que debió alcanzar entre los 4 y 6 grados Celsius.



Cuarenta minutos antes de la totalidad.

Esta fotografía se tomó cuando comenzaba a sentirse un leve descenso en la temperatura. En esos momentos la fracción oculta del diámetro solar pasaba justamente de la mitad. 26 de febrero de 1998, a la 1:30 pm — Grote Knip, Curazao. Crédito: © 1998 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

Hacia la 1:50 pm (magnitud 0.76) y faltando unos veinte minutos para la totalidad, se observó la primera reducción significativa de la iluminación solar. El cielo empezó a cambiar de color, tornándose de un extraño azul plomizo que gradualmente se iba opacando; pero lo que veíamos de ninguna manera podía compararse con un atardecer, pues en aquel firmamento faltaban los destellos rojizos del sol poniente, como asimismo las sombras largas de la tarde, debido en ambos casos a que el Sol aún mantenía una elevación considerable sobre el horizonte, que superaba incluso los 60°. Lo que acontecía era algo que nunca habíamos visto y que aun después de haberlo experimentado resulta dificil de describir.

La fracción oculta del diámetro solar ya había superado las tres cuartas partes. «Todavía es de día, pero ya la iluminación empieza a cambiar», fue mi comentario para Gladys y Juan, una locución que al instante fue registrada por la videocámara. Enseguida Juan respondió que veía un «cambio en el cielo», y más específicamente, «una diferencia en el patrón de luz». Gladys expresó que le resultaba curioso el oscurecimiento y que veía en el cielo un azul más intenso, llevándose una sorpresa cuando al tomar su cámara encontró que el *flash* se había encendido automáticamente ante la reducción lumínica. A varios de los presentes se nos ocurrió entonces entrecruzar los dedos en la dirección del Sol, consiguiendo así proyectar sobre la arena de la playa una docena de pequeños pero brillantes soles menguantes.

Cada cinco minutos Juan reorientaba la videocámara, que llevaba ya más de una hora filmando el Sol. A todo esto, había entonces sobre mil personas en la playa; tan absortos habíamos quedado con el progreso del eclipse que apenas nos percatamos del gentío que a lo largo de aquellas cuatro horas se había ido congregando en el lugar. En el mar se contaban alrededor de veinte embarcaciones, la mayor parte de ellas recién venidas pues apenas habíamos visto unas pocas a nuestra llegada en la mañana. También se empezaba a sentir una cierta excitación en todo el balneario, y el ambiente se iba tornando carnavalesco.

A las 2:00 pm (magnitud 0.90) y con el Sol ya bastante menguado comenzaron las expresiones de júbilo. Juan repetía continuamente la frase «¡no puedo creerlo!», añadiendo en ocasiones «este es el evento cumbre de mi vida». En ese momento recordamos a nuestros parientes que permanecían en Puerto Rico donde el eclipse solo consumiría un 90% del diámetro solar, exactamente lo mismo que teníamos ante nuestros ojos en aquel preciso momento. Aunque ellos verían un cierto oscurecimiento del cielo tal cual lo presenciábamos ahora nosotros, de ninguna manera podía aquello compararse al acontecimiento que en cuestión de minutos nos tocaría a nosotros contemplar. Volviendo a tomar la palabra y refiriéndose a un amigo mutuo quien no consiguió hacer la travesía, Juan le espetó «¡lo que se ha perdido Fulano!».

Hacia las 2:06 pm (magnitud 0.94) la iluminación se tornó aun más escasa. El firmamento se mostraba ya bastante opaco, aunque desigual en intensidad y exhibiendo una mayor oscuridad hacia el oeste. Los cazadores de eclipses que habían acampado a nuestro lado miraban también en dirección occidental, y refiriéndose a la inminente llegada de la sombra lunar sobre *Grote Knip*, levantaron la voz diciendo en inglés: «*We are ready for the wall of darkness!*». Gladys intervino, muy animada: «¡ya está cayendo la noche!». Dos minutos después, Juan señaló a la distancia y con obvia excitación comentó: «¡Armando, ya se están viendo los planetas!». Siguiendo su dedo índice, desplacé la mirada hacia el oeste y pude avistar el planeta Venus, a unos 22° sobre el horizonte. Poco después apareció también la estrella *Vega*.

A las 2:10 pm (magnitud 0.98) el descenso en la luz diurna se aceleró al punto que delataba la cercanía de la totalidad. «Está oscureciendo rápidamente», fue mi escueto comentario. Continuaba yo mirando hacia el oeste, intentando discernir la forma y extensión de la sombra lunar que debía ya resultar bien delineada, pero esto resultó imposible debido a la presencia de una tenue capa de bruma que sabíamos era una situación normal para la época y el lugar. Al fin y al cabo, la opacidad del cielo resultaba graduada y sin límites abruptos, careciendo la incipiente sombra lunar de uns frontera bien definida.

Seguía corriendo el tiempo, y a solo un minuto para el momento cumbre se desató un fragor que arropó la playa entera, con una profusión de gritos y silbidos que provenía de todas direcciones. Sin embargo, me alarmé al percatarme que algunas personas —aunque no de nuestro grupo— ya estaban dirigiendo la mirada hacia el Sol. «¡¡No!! ¡Todavía no pueden mirar el Sol!», les grité inmediatamente. Juan me secundó en la advertencia, casi al unísono. Sabíamos bien que disfrutaríamos de la totalidad durante tres minutos y medio, sin necesidad de filtros, pero aún no habíamos alcanzado dicha etapa.

El término *shadow bands*, que procede del inglés y para el cual aún no he encontrado una traducción adecuada, se refiere a unas franjas paralelas que aparecen durante los instantes anteriores y posteriores de una totalidad, desplazándose rápidamente de manera ondulante sobre el suelo o una pared, pero que solo podrán observarse cuando se disponga de una superficie clara y lisa. Este curioso fenómeno —que pocos logran ver— se debe a la filtración de los rayos solares, ya menguados, a través del aire.

«¡Anillo de diamante!», exclamó Juan, faltando 45 segundos para la totalidad. «Shadow bands!», gritó, a 35 segundos. Este aviso nos tomó por sorpresa, y por andar embelesados con el Sol menguante tardamos en reaccionar. Miramos alrededor y pudimos ver las franjas ondulantes sobre una sábana que con ese propósito habíamos colocado sobre el terreno, aunque mejor aun las distinguimos sobre una pared revestida de blanco que ubicaba unos cuatro metros al norte. «Shadow bands, shadow bands!», siguió anunciando Juan, para asegurarse que todos respondieran y disfrutaran la oportunidad de mirar.

El tiempo volaba, y restando apenas veinte segundos para la totalidad el oscurecimiento adquirió un ritmo vertiginoso. El avance de la Luna sobre el Sol ya era evidente según pasaban los segundos, y ante la creciente penumbra que iba consumiendo la playa de *Grote Knip* el frenesí de la muchedumbre se intensificó aun más. Faltando solo diez segundos señalé arriba, mientras exclamaba: «¡Se va, se va!». Y empleando todavía las gafas filtradas, contemplamos a las 2:11:25 pm cómo desaparecía el último destello del Sol menguante, llenos de asombro y envueltos por el bullicio de una multitud enardecida.

#### **Totalidad**

La corona solar se veía muy brillante, más de lo que nosotros, neófitos al fin, hubiéramos podido anticipar. Emanaba de aquel anillo resplandesciente una hermosa y agradable luz, que a pesar de su intensidad resultaba inofensiva para el ojo humano; pero lo más sorprendente de la corona era su color: un perfecto plateado como el de un metal recién pulido, un matiz que resulta infrecuente en la naturaleza y que se diferenciaba del tono blancuzco que en lo ordinario muestran las fotografías. Eché un vistazo a los lados e inmediatamente saltaron a la vista los planetas Júpiter y Mercurio, a solo 4° de distancia.

Seguidamente, bajé la mirada e inspeccioné los alrededores. Como era de esperarse no llegué a cruzar la vista con nadie, pues todos tenían los ojos clavados en el Sol; con expresiones estupefactas, yacían inmóviles como si estuvieran presenciando un suceso que cambiaría sus vidas. Costaba trabajo creer que la algarabía de unos instantes atrás se había transformado en un silencio sepulcral.

A pesar del notable oscurecimiento que se percibía, el nivel de claridad nunca fue menor al de un crepúsculo civil. Recibimos la impresión que el cielo había quedado más iluminado de lo esperado, presumiblemente por causa del particulado suspendido aquel día sobre los cielos de *Grote Knip*. En ese momento recordé los prismáticos que había llevado y con ellos me dirigí al Sol, que se hallaba encumbrado a 60° de altura sobre el horizonte. La corona lucía ahora más gruesa y definida, e incluso conseguí distinguir los delicados filamentos que aparecen en ciertas fotografías, pero que irónicamente resaltan mejor mediante visión directa. Para mi asombro, había transcurrido ya el primer minuto.

Al comienzo de la totalidad Gladys experimentó una sacudida que describió como similar a una explosión, seguida inmediatamente de una sensación de frío, según comentaría más tarde. De otra parte, a Juan se le dificultó operar la videocámara durante el comienzo de la totalidad porque, según explicó, le temblaban las manos. Mi hermano sufrió también un cierto nerviosismo. Pero el caso mío fue completamente distinto, pues como resultado de mis lecturas previas ya había conseguido depurarme de la inexperiencia y los temores. En realidad me sentía jubiloso, porque al fin estaba presenciando aquella totalidad con la cual tantas veces había soñado y a la que luego tantos preparativos le destinaría.



El eclipse visto durante la totalidad. Esta pintura fue realizada en acrílico sobre lienzo por Juan Villafañe. La imagen ilustra fielmente el aspecto de la corona solar y el disco lunar, según captados por nuestros ojos. Crédito: © 1999 Juan Villafañe. Reproducido con la debida autorización.

El reloj marcaba exactamente 2:13:09 pm, momento correspondiente a la mitad de la totalidad. Guardé el binocular e inmediatamente volví la mirada al Sol, pues era preciso rendir hasta el máximo aquellos tres minutos y medio. Nuevamente me enfoqué en la corona solar, dirigiendo mi atención al increíble contraste producido por el fulgor de la corona y la negrura del disco lunar, pareciendo este último más oscuro que el mismo cielo nocturno. Seguía observando con el mayor esmero y detenimiento posible, pues deseaba retratar indeleblemente en mi memoria este espectáculo natural que tenía ante mis ojos.

Si bien es cierto que había llegado a Curazao con la idea de fotografiar el eclipse, el prospecto de pasar aquellos breves momentos esclavizado por la cámara no me resultaba atractivo. Había debatido el

asunto mentalmente durante dos días enteros, a partir de mi llegada aquel martes, aunque no fue sino hasta bien avanzado el eclipse cuando decidí que valdría mejor presenciarlo con mis propios ojos. Juan sí que había venido con la idea de filmar, pero un golpe del destino le impidió conseguir su propósito; luego nos explicaría que mientras se afanaba en remover el filtro solar durante el inicio de la totalidad, y moviendo sus manos nerviosamente bajo aquella penumbra, apagó inadvertidamente la videocámara.

Pasados casi tres minutos e intuyendo que la totalidad llegaba a su fin, Gladys preguntó si podía seguir mirando el Sol pues le preocupaba que el repentino regreso de la luz solar pudiera lastimarle la vista. Mirando el reloj indiqué, en voz alta para todos los de nuestro grupo, que aún restaban unos treinta segundos. Pero el destino había reservado lo mejor para el final, pues entonces apareció hacia el margen interior de la corona una sección de la cromosfera solar, que brillaba con un hermoso color escarlata. Al igual que la corona, la cromosfera únicamente se hace visible durante la totalidad de un eclipse solar.

Tras veinte segundos de destellos rojizos concluyó la totalidad, a las 2:14:53 pm. La iluminación retornó en cuestión de segundos y la playa quedó como si nada hubiera ocurrido. Escuchamos entonces una melodía muy familiar, pero no conseguíamos identificar su procedencia. «¡Allá, en el mar!», señaló una voz anónima. Se trataba de la *Marcha nupcial* del compositor Felix Mendelssohn, la cual resonaba con fuerza desde alguna de las muchas embarcaciones que habían anclado frente al balneario.



Veinte minutos después de la totalidad. Esta fotografía fue tomada por nuestro guía, Ronnie. 26 de febrero de 1998, a las 2:35 pm — Grote Knip, Curazao. Crédito: © 1998 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

Concluida la totalidad se reanudó el furor entre la muchedumbre, aunque ahora matizado por un sentimiento festivo. Se confundían en aquella playa miles de personas con amplia diversidad de idiomas y nacionalidades, pero celebrando todos juntos como una familia. «¡Qué emocionante, yo hasta grité!», expresó Gladys, eufórica. Juan se volvió hacia mí, y ya superada la angustia provocada por el percance con la videocámara, exclamó: «¡Armando, lo logramos!». Mi hermano admitió que, si bien tenía idea de la magnificencia de los eclipses, jamás hubiera anticipado una impresión tan fuerte como la que recibió.

A las 2:40 pm abandonamos el balneario de *Grote Knip*, conducidos en taxi por nuestro guía Ronnie, un hombre humilde pero competente, que para nuestro agrado comprendía el español. Ya en carretera y a las tres y media tomamos los gafas filtradas para dirigir una última mirada al Sol, observando la misma mordida que se vio al principio, aunque ahora en el lado contrario y con la Luna a punto de egresar.

A las cuatro de la tarde ingresamos a un restaurante de especialidad caribeña, donde Ronnie nos condujo para ingerir la primera comida completa del día. Almorzamos magnificamente y Gladys aprovechó la ocasión para degustar la sopa de cactus, un plato tradicional de Curazao que ella encontró delicioso.

Posteriormente nos enteramos que en otros lugares de la isla se hicieron grandes celebraciones por motivo del eclipse, particularmente en la ciudad de Willemstad donde lanzaron fuegos artificiales durante los dos minutos de totalidad que se experimentaron en dicho lugar. Algún tiempo después y al leer a otros cazadores de eclipses, comprobamos que sus observaciones coincidían esencialmente con las nuestras, enfatizando los siguientes detalles que sobresalieron durante el evento: 1) la fuerte presencia de las *shadow bands* justo antes y después de la totalidad, 2) un cielo menos oscuro que la norma aun en la mitad del eclipse, y 3) la espectacular aparición de la cromosfera solar al término de la totalidad.

# Epílogo

De vuelta a la hospedería en Piscadera Bay, agotados aunque triunfantes, concluíamos la jornada con una improvisada observación astronómica. Levantamos la mirada al cielo nocturno e identificamos el antiguo asterismo *Argo Navis*, cuyas estrellas *Canopus* y  $\beta$  Carinae saltaban a la vista, así como la denominada *falsa cruz* y la nebulosa de  $\eta$  Carinae. Contemplamos también la constelación *Crux* (la cruz del sur) junto con las luminarias  $\alpha$  y  $\beta$  Centauri. Lo interesante fue que todo esto lo apreciamos mejor de lo que hubiera sido posible desde nuestros hogares, pues debido a la latitud geográfica en la isla de Curazao las constelaciones australes se mostraban unos  $6^{\circ}$  más elevadas sobre el horizonte.

Temprano en la mañana del viernes, 27 de febrero de 1998, me dirigí junto con mi hermano al Aeropuerto Internacional Hato, recibiendo allí la sorpresa que la línea aérea ALM había sobrevendido el vuelo con destino a San Juan. Fueron muchos los afectados, incluyendo algunos que requerían dicha conexión para volar hasta América del Norte y Europa, y que permanecieron varados hasta el día siguiente. Con dificultad nos ingeniamos la manera de viajar el mismo día, objetivo que conseguimos diez horas después de lo programado. El domingo, Gladys y Juan retornarían sin retrasos ni percances.

El 18 de marzo de 1998, la SAPR celebró un coloquio para discutir los resultados del eclipse, donde nos enteramos que no todos los colegas habían sido tan afortunados como nosotros, particularmente durante la totalidad. La expedición más numerosa se dirigió a la costa oriental de Antigua, logrando allí disfrutar el eclipse sin incidentes atmosféricos, aunque la duración de la totalidad en ese lugar no pasó de dos minutos y medio; mientras, en la costa occidental de Antigua, donde algunas personas quedaron por la cercanía al aeropuerto, hubo momentos de mal tiempo. En Aruba, una isla cercana a Curazao y donde se estableció otro grupo de la SAPR, las nubes casi malograron el período de la totalidad.

# 16. Relato del eclipse anular solar observado el 8 de abril de 2005

Por Armando Caussade, 20 de junio de 2017. Revisado extensamente el 14 de noviembre de 2019. Material inédito para la 4.ª edición de este libro, publicada el 21 de junio de 2017.

Advertencia: Nunca se debe mirar el Sol, pues la ceguera causada por la luz solar es incurable.

El 8 de abril de 2005, ya avanzada la tarde, tuvo lugar un eclipse anular del Sol que fue visible desde América Central y el litoral caribeño de América del Sur. Habiendo ya observado un eclipse total y con el deseo de presenciar uno anular me trasladé hasta Panamá, donde logré observar una buena parte del evento incluyendo su momento máximo: los catorce segundos que duró la fase anular.

Este proyecto nació como idea del ingeniero Carlos F. González, amigo de muchos años y quien fuera uno de los fundadores de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico. Carlos, un puertorriqueño entonces domiciliado en la Ciudad de Panamá, se encargó de tramitar los arreglos logísticos haciendo también las veces de anfitrión y chofer, roles nada envidiables que desempeñó magistralmente.

#### Ciudad de Panamá

Temprano en la mañana del miércoles, 6 de abril de 2005, abordé el vuelo 824 de Copa Airlines que me transportó desde San Juan hasta la Ciudad de Panamá. El viaje resultó agradable y tras completar rápidamente los trámites de inmigración y de aduanas salí afuera, donde fui recibido de inmediato por mi colega quien me esperaba con gran entusiasmo. Era la segunda ocasión que le visitaba en América Central, pero salió a relucir su habitual efusividad y el saludo fue tan cálido como la primera vez.

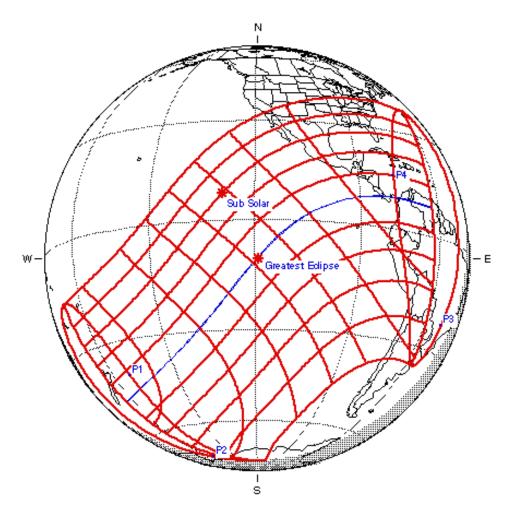
A las doce y media nos detuvimos para almorzar en el comedor del centro comercial Multiplaza Pacific, repasando entonces los planes que desde hacía tiempo habíamos trazado y que finalmente llevaríamos a cabo dentro de apenas dos días. Dado que la línea central del eclipse atravesaría la ciudad de Penonomé (que dista de la capital unos 156 kilómetros por carretera, equivalente a dos horas de autopista) el meollo del asunto sería el viaje a realizar hacia dicho lugar. En realidad esto no revestía dificultades, explicó Carlos, pues ambas poblaciones se encuentran conectadas por la carretera Panamericana y el recorrido podría hacerse cómodamente el mismo viernes del eclipse, idealmente durante la mañana.

Carlos nunca dejaba de admirar y destacar las bellezas naturales de Panamá, por lo que continuamente me paseaba mediante automóvil. Con esta finalidad el jueves, 7 de abril, visitamos la localidad de Bejuco en la provincia de Panamá Oeste, retornando a la capital hacia la una y media de la tarde.

El viernes, 8 de abril —el gran día del eclipse— amaneció con un despejado cielo azul, y a las ocho de la mañana abordé el vehículo todoterreno que emplearíamos, un Toyota 4Runner motor Diesel, con Carlos al volante. Pusimos rumbo a la cafetería de los supermercados Riba Smith, pues desde mi visita del año anterior me había aficionado al tradicional desayuno panameño. El día sería agotador, por lo que consumimos una abundante comida que consistía de hojaldres, carimañolas, tortillas de maíz y salchichas en salsa; a esto añadimos una ensalada de piña y sandía seguida por una *chicha* de naranja, una popular bebida fría hecha con una mezcla a partes iguales de jugo de frutas y sirop.

Nos lanzamos a la carretera nuevamente y a las nueve en punto cruzábamos en dirección occidental el

puente de las Américas, que forma parte de la carretera Panamericana. Este famoso conector es uno de tres que se alzan sobre el canal de Panamá y que comunican las dos mitades del país.



Recorrido del eclipse sobre la Tierra; la franja azul representa la totalidad. Obsérvese el paso de la sombra lunar a lo largo del océano Pacífico, y en su término oriental sobre Panamá, Colombia y Venezuela. La trayectoria discurre en un 90% sobre el mar. Crédito: Fred Espenak, NASA / GSFC.

#### Penonomé

A las once de la mañana y faltando cinco horas para el comienzo del eclipse alcanzamos el hotel *La Pradera*, localizado en las afueras de la ciudad de Penonomé y al margen de la misma carretera Panamericana por la cual habíamos transitado. Aunque hubiera sido perfectamente viable regresar a la capital ese mismo día luego de concluidos nuestros trabajos al atardecer, tuvimos la previsión de reservar habitaciones como garantía contra imprevistos que pudieran dilatar el retorno.

Luego de registrar nuestra llegada, comenzamos a desempacar las cajas donde habíamos traído nuestros equipos ópticos y a almacenar el contenido dentro de los dormitorios. El instrumental incluía mi ya conocido telescopio de 80 milímetros que emplearía durante el eclipse, un filtro solar y una cámara Nikon FM2 (tipo SLR mecánica), como asimismo la recién adquirida videocámara que utilizaría Carlos

para filmar el evento, que iba montada en trípode y que llevaba un poderoso lente de aumento. Pero antes de continuar, creo conveniente dar una idea del itinerario que iba a seguir el eclipse, por lo cual he colocado la efemérides calculada de acuerdo con nuestras coordenadas geográficas en Penonomé.

#### CIRCUNSTANCIAS LOCALES DEL ECLIPSE:

```
+8° 31' (+08°.517)
Latitud geográfica:
                                    -80° 22' (-80°.367)
Longitud geográfica:
Elevación topográfica:
                                    +70 metros
Zona horaria:
                                    GMT-05:00
Comienzo de la fase parcial:
                                    3:56:16 pm
Comienzo de la fase anular:
                                    5:11:51 pm
Mitad del eclipse:
                                    5:11:58 pm
Fin de la fase anular:
                                    5:12:05 pm
Fin de la fase parcial:
                                    6:18:15 pm
Duración de la fase anular:
                                    14 segundos
Magnitud máxima del eclipse:
                                    0.997
Altura del Sol a la mitad:
                                    +18° 36'
                                    +66.3 segundos
\Delta T (delta T):
Nota: La magnitud de un eclipse se refiere a la fracción del diámetro
```

Nota: La magnitud de un eclipse se refiere a la fracción del diámetro solar ocultada por la Luna durante un momento dado del evento. No tiene nada que ver con la escala de magnitudes estelares.

A las once y media dejamos el edificio para buscar un sitio adecuado dónde establecernos, y justamente al cruzar la calle encontramos un pequeño descampado que colindaba con la carretera Panamericana. Al inspeccionar el lugar comprobamos que el terreno era llano, seco y sin excesiva vegetación, por lo que decidimos tomarlo como campamento para observar el eclipse. Esta parcela, además, tenía la ventaja que se hallaba cercada por un seto de arbustos que nos camuflaba de quienes transitaban por la autopista.

Abordando nuevamente el automóvil nos dirigimos al caso urbano de Penonomé, donde arribamos a mediodía. Después de un breve paseo a pie rodeando la plaza pública, por donde caminaba la gente que salía de una escuela cercana, nos detuvimos para almorzar. Nos sirvieron tasajo con arroz blanco y frijoles, acompañado por dos refrescantes porciones de chicha, una de saril y otra de zarzamora.

Al salir de la cafetería levantamos la mirada y para nuestro agrado vimos un firmamento mayormente despejado. Se apreciaban algunas nubes altas de aspecto ralo, semitransparentes, que le conferían a la bóveda una leve apariencia brumosa, pero esto no nos preocupaba ya que esas inclemencias no afectan habitualmente la visibilidad del Sol. A Carlos le parecía esto un presagio de buen tiempo y casi daba por seguro que observaríamos el eclipse sin ningún percance. «Si a estas horas del día el cielo luce despejado», aseguró Carlos, «significa que durante el resto de la tarde todo permanecerá en orden».

Sin embargo, ese mismo tiempo soleado estaba generando un calor sofocante, lo cual explica la gran cantidad de bebidas frías que llegamos a consumir durante el almuerzo. En eso, se le ocurrió a Carlos tomar una medida de temperatura utilizando un termómetro que él siempre llevaba, y que al colocarlo en la sombra dio un resultado cónsono con lo esperado: 36 grados Celsius (97 grados Fahrenheit). Ese sol ardiente persistió durante las horas siguientes y no empezaría a ceder sino hasta el inicio del eclipse.



En el casco urbano de Penonomé antes del almuerzo, cuatro horas antes del eclipse. 8 de abril de 2005, a las 12:10 pm — Penonomé, Panamá. Crédito: © 2005 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

Emprendimos nuevamente la marcha, encendiendo el acondicionador de aire del todoterreno y graduando el termostato hasta lo más fresco posible. A nuestro regreso a *La Pradera*, hacia la 1:25 pm y faltando menos de tres horas para el comienzo del eclipse, estacionamos el vehículo dentro de la parcela que ocuparíamos y que distaba apenas 100 metros de la hospedería, nuestro preciado "canto de tierra" en palabras de Carlos. Hacia las tres de la tarde y faltando menos de una hora, completamos la instalación de los instrumentos bajo un sol abrasador y comenzamos la cuenta regresiva para el eclipse anular.

## **Fases parciales**

Pasada la media tarde, a las 3:57 pm (magnitud del eclipse: 0.01) observamos el primer contacto de la Luna en el disco solar, que sostenía en ese instante un aspecto parecido a la mordida de una manzana.

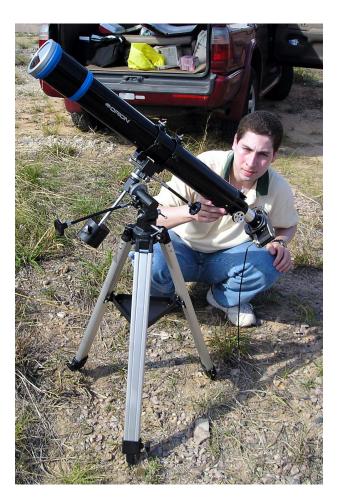
Carlos había instalado una videocámara digital cuyo lente había recubierto usando una lámina de milar aluminizado, con el propósito de proteger los delicados sensores del instrumento. Me había afincado yo a pocos pasos con mi telescopio refractor de 80 milímetros, cuyo lente objetivo ya portaba un filtro de densidad neutral, mientras que al otro extremo del instrumento llevaba acoplada la cámara SLR que emplearía para capturar en película negativa cada cuarta parte de las fases parciales (0.25, 0.50, 0.75, etc.), y especialmente para intentar una exposición en medio de los catorce segundos que duraría la etapa anular. He dicho intentar, porque al disponer de un tiempo tan ajustado como aquel nada era seguro.

A las 4:05 pm (magnitud 0.12) la mordida de la Luna sobre el Sol era ya evidente, aunque paseando la mirada por los alrededores de *La Pradera* no se veía señal de que nada extraño sucediera. A las 4:16 pm (magnitud: 0.26), cuando ya la Luna había consumido una cuarta parte del diámetro solar tomé la fotografía que aparece en la página siguiente y que según mis planes representaría la primera de una secuencia de siete que había planificado. «Se ve interesante, aunque todavía no vemos nada de oscurecimiento en la bóveda», dije para la videocámara mientras casualmente auscultaba el firmamento.

A las 4:27 pm (magnitud 0.41) ya Carlos aseguraba que podía ver un cierto oscurecimiento del entorno, aunque en mi opinión esto probablemente se debía a que según el Sol iba cayendo en el oeste, había comenzado a deslizarse por detrás de un banco de nubes altas. Habiendo ya descendido hasta unos 30° de altura sobre el horizonte, por lo avanzado de la tarde, empezamos a preocuparnos al ver cómo se iba internando dentro de aquellas formaciones nubosas, que aunque más arriba lucían semitransparentes, abajo se hacían cada vez más densas.

A las 4:34 pm (magnitud 0.50) preguntó Carlos, «¿ya vamos por la mitad?». La opacidad de las nubes iba empeorando rápidamente, y al completar la segunda fotografía que tomé para mi secuencia me percaté que el Sol ya apenas resultaba visible. «Hay una bruma», comentó Carlos, escuetamente, tras mirar el entorno. A las 4:43 pm (magnitud: 0.62) se evidenció un alarmante aumento en el espesor de las nubes, aunque a través de algunas zonas menos tupidas todavía era apreciable el Sol. «Continúa la Luna pasando», remarcó Carlos.

A las 4:51 pm (magnitud 0.72) Carlos intercambió conmigo una mirada preocupada y con voz grave declaró, para que quedara registrado su testimonio en la grabación: «Estamos con unas pequeñas dificultades. Se escondió [el Sol] detrás de una nube y estamos en serios problemas; no podemos casi distinguirlo». Ante esa situación, el tercer tiro de mi secuencia fotógrafica, que correspondía a tres cuartas partes y que estaba pautado para las 4:53 pm, fue imposible de capturar. A las 4:55 pm



En "La Pradera" justo al comienzo del eclipse, cuando se iniciaba la etapa parcial.
8 de abril de 2005, a las 3:56 pm —
Penonomé, Panamá.
Crédito: © 2005 Carlos F. González.
Reproducido con la debida autorización.

(magnitud 0.78) añadió Carlos que «se ha perdido la definición del Sol, porque tenemos una nube que no nos deja ver nada, y bueno... ¿qué vamos a hacer? Quizás ver [la apariencia de los alrededores] durante la etapa anular, pues parece que no podremos filmar el Sol».

Ante aquel espectáculo desolador, con la Luna y el Sol escondidos tras una masa amorfa de color grisáceo, optamos ambos por mantener la serenidad. De mis numerosas lecturas de otros cazadores de eclipses había aprendido que los golpes de suerte son más comunes de lo que uno imagina, y recordé

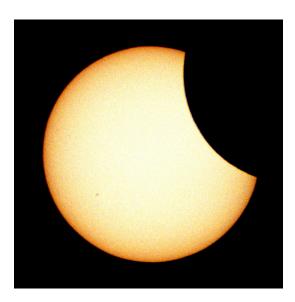
que muchos habían salieron airosos tras enfrentar la misma situación que nosotros ahora. Tomamos asiento dentro del vehículo y nos dispusimos a esperar pacientemente, pues la realidad era que faltaban aún diecisiete minutos para la culminación del eclipse y en el interín cualquier cosa podía suceder.

A las 5:00 pm (magnitud 0.84) Carlos volvió a tomar la palabra, diciendo: «Se está viendo un poco mejor, aunque hay bruma», y a las 5:02 pm (magnitud 0.86), faltando diez minutos para el momento cumbre, se observó una mejoría que nos devolvió la esperanza. A las 5:08 pm (magnitud 0.95), bajo un cielo algo más limpio y tras empezar a contemplar el ya notable oscurecimiento del entorno, expresé: «Se ve un descenso considerable en la iluminación solar».

Mientras, Carlos expresaba su aprobación y exclamaba: «¡Wow, increíble! Es casi de noche».

El firmamento continuaba despejándose. A las 5:11 pm (magnitud 0.99) y faltando 50 segundos para la culminación sentía que los segundos volaban, al igual que cuando presencié el eclipse solar total de 1998 desde Curazao. Este inefable sentido de aceleración es característico de los eclipses totales y anulares, y ha sido experimentado por muchos. De hecho, me sería imposible transmitir con claridad esta sensasión a una persona que nunca haya contemplado un eclipse solar de tipo central.

Faltando apenas 30 segundos, declaró Carlos ante el micrófono que «esto es una experiencia increíble». Al escucharlo le pregunté: «¿Va bien todo por allá?». «Perfecto», respondió Carlos, a pesar de nuestra proximidad pues los instrumentos quedaban desplegados con apenas tres metros de separación. Ante la inminencia de la fase anular y con mi ojo izquierdo puesto tras el visor de la cámara, le respondí: «Se está viendo muy bien por acá. Ya se está haciendo redondo y la iluminación está descendiendo rápidamente. ¡Es increíble!».



Etapa parcial del eclipse, visto con una magnitud de 0.26. 8 de abril de 2005 @ 4:16 pm — Penonomé, Panamá. Crédito: © 2005 Armando Caussade, CC-BY-NC-ND-4.0. Reservados algunos derechos.

#### Fase anular

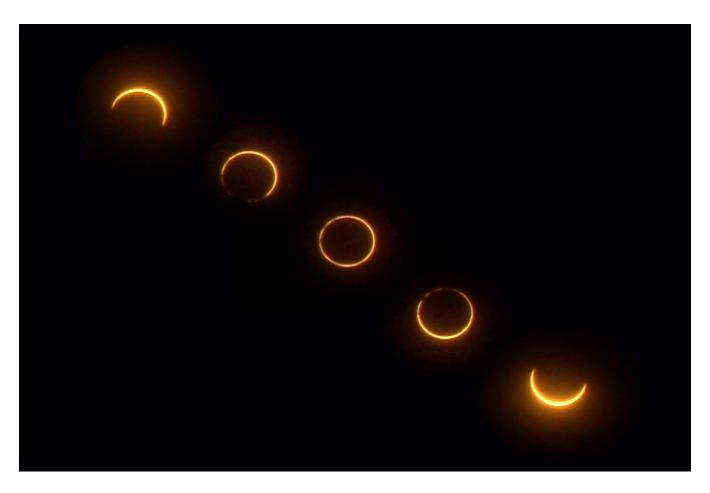
Ya a punto de culminar el eclipse y según la Luna se superimponía sobre el Sol con perfecta exactitud, se apreciaba cómo el anillo fotosférico solar iba formando a un círculo completo. En este eclipse sobraría siempre dicho anillo, porque ese día la Luna se hallaba relativamente alejada y su disco no alcanzaría un tamaño suficiente como para cubrir el Sol en su totalidad. La mejoría atmosférica de los últimos diez minutos se mantenía, y faltando solo cinco segundos exclamé: «¡Se ha hecho de noche!».

Los instantes finales trascurrieron a velocidad de relámpago, y el bajón de la iluminación solar fue tan abrupto que podría compararse con un corte de luz por acción de un interruptor. Sin duda alguna, fue algo impresionante. A las 5:11:51 pm, exactamente, grité: «Ya se ve completo. ¡Está entero!». Y siete segundos después añadí: «Este es el punto medio del eclipse y [en los alrededores] está muy oscuro».

Aquellos catorce segundos que duró la fase anular no los he olvidado nunca. La experiencia de observar cómo la Luna se deslizaba sobre el Sol en tiempo real es algo que rara vez puede llegar a observarse,

aun en los eclipses de tipo anular, como este; y debo recalcarlo, durante aquellos catorce segundos se apreciaba perfectamente cómo el anillo solar iba rápidamente adelgazando por arriba y engordando por abajo. Este movimiento en vivo solo resulta obvio durante los eclipses anulares más breves.

Aunque el firmamento sobre *La Pradera* ya había quedado razonablemente despejado, y también la apariencia del anillo solar era lo suficientemente definida para admitir una excelente fotografía, la emoción de lo ocurrido me obligó a abandonar mis planes fotográficos, tal y como ya había sucedido en 1998. Podría yo decir que capté el eclipse por mis propios ojos y no mediante película fotográfica.



Secuencia de cinco fotografías que muestra la culminación de la etapa anular. 8 de abril de 2005, entre 5:11 pm y 5:12 pm — Penonomé, Panamá. Crédito: © 2005 Carlos F. González. Reproducido con la debida autorización.

A las 5:12:05 pm, exactamente, terminó la superposición de la Luna sobre el Sol con la ruptura del anillo solar. Deseábamos ver más, pero el espectáculo ya había finalizado. El círculo se rompió en cuestión de uno o dos segundos, según las montañas del borde lunar empezaban a invadir el lado superior del anillo. Quince segundos después expresé que estaba «regresando la luz solar», al tiempo que escuchábamos los automóviles sonando sus bocinas en celebración por el eclipse. Un matorral seco obstruía la vista hacia la carretera Panamericana, aunque en realidad nos encontrábamos a pocos metros de dicha vía.

Varios minutos después presenciamos cómo el Sol —ya cercano al horizonte— se hundía detrás de otro amplio banco de nubes, del cual ya no volvería a salir. Comenzamos a retirar la instrumentación, y una

vez concluido el recogido hacia las 5:40 pm, afirmé: «la experiencia valió la pena», a lo que añadió Carlos que «gracias a Dios pudimos ver la etapa anular, que es lo más importante».

Cuando el Sol ya tocaba el horizonte, detrás de las nubes, abandonamos el descampado. Al cruzar la calle nos topamos con otros que también habían visto y disfrutado el eclipse, llegando a conversar con un amable caballero quien se identificó como colaborador de la Asociación Panameña de Aficionados a la Astronomía. Luego, ya caída la noche y de vuelta en la hospedería, hablamos durante media hora con dos señoras que habían quedado impresionadas luego de observar este fenómeno astronómico; mientras saboreábamos un par de bocadillos escuchamos el interesante relato de estas mujeres, a partir del cual nos convencimos que los eclipses son cautivantes no solo para el astrónomo, sino para todo público.

Durante la noche también nos enteramos que un grupo compuesto por 40 cazadores de eclipses —todos extranjeros— había partido a mediodía desde *La Pradera* hacia un campamento de observación establecido en el cercano aeropuerto de Penonomé. No dudo que la experiencia allí hubiera sido interesante, aunque mi sincera opinión es que la tranquilidad que experimentamos en la soledad del descampado aportó mucho a nuestro disfrute, y de tener ahora aquella opción no cambiaría nada.

# Epílogo

El sábado, 9 de abril de 2005, salimos de *La Pradera* a las nueve y media de la mañana, con destino hacia la capital. En realidad dimos algunos rodeos antes de regresar a la Ciudad de Panamá, pues Carlos había sugerido la posibilidad de improvisar un recorrido cultural a través de la provincia de Coclé, donde entonces nos encontrábamos. «Estamos a corta distancia de algunos lugares interesantes, y no deberíamos desperdiciar la oportunidad de verlos», afirmó usando un tono persuasivo.

Concluido el tradicional desayuno panameño nos dirigimos al Parque Arqueológico El Caño, donde permanecimos unas dos horas. Después del mediodía visitamos la ciudad de Natá, emprendiendo luego camino hacia el este y retornando finalmente a la Ciudad de Panamá hacia las cuatro de la tarde. Acompañado por Carlos y su familia, cené esa noche un delicioso pescado chino en salsa de naranja.

El martes, 12 de abril, Carlos sugirió una excursión aun más interesante que las anteriores. «¿Que tal si en vez de dejar la capital y transitar hacia el oeste, lo hacemos hoy hacia el este?». Así se cumplió uno de los deseos que había guardado desde mi visita anterior a América Central: el recorrido de la carretera Panamericana hasta su medio término en el poblado de Agua Fría, frontera del Darién. Nuevamente ejerció Carlos como chofer y guía privado, completando la ida y la vuelta en unas cinco horas.

El miércoles, 13 de abril, una vez concluida mi agradable estadía de siete días en Panamá, abordé el vuelo 825 de Copa Airlines que me condujo sin percances hasta San Juan.

Cabe mencionar que las filmaciones del eclipse que hizo Carlos resultaron de gran interés entre los colegas de la isla. Se realizó una proyección inicial de la película como parte de las actividades oficiales del Día de la Astronomía, celebrado por la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico en la ciudad de Bayamón, el 16 de abril de 2005. A esto siguieron otras proyecciones posteriores.

Antes de concluir deseo hacer constar que mi estancia en Panamá fue muy placentera, y que mi amigo Carlos F. González se desvivió literalmente. No exagero al decir que me trató como a un rey, paseándome por todo el país y asegurándose en cada momento que pudiera disfrutar de la mayor satisfacción y comodidad posible. A él y a su familia les expreso mi profundo agradecimiento.

# 17. La divulgación astronómica

Por Armando Caussade, 2 de noviembre de 2017. Revisado extensamente el 29 de marzo de 2020. Extracto del libro *Astronomía descriptiva* (2.ª edición), publicado el 30 de abril de 2020.

En la divulgación de la astronomía se han destacado tanto profesionales como aficionados. Durante la Ilustración del siglo XVIII aparecieron en Europa algunos protodivulgadores como el húngaro Maximilian Hell (1720–1792), el francés Jérôme de Lalande (1732–1807) y el alemán Johann Elert Bode (1747–1826), pero no fue sino hasta el siglo siguiente cuando empezarían a florecer las primeras iniciativas importantes. A principios del siglo XIX, el avance de la alfabetización fue la fuerza primaria que impulsó la popularización astronómica, comenzando en Francia, y extendiéndose rápidamente por Europa y el resto del mundo.

Dos franceses vinculados al Observatorio de París comparten el honor de haber impulsado la popularización de la astronomía, como nunca antes: François Arago en la primera mitad del siglo, seguido por Camille Flammarion en la segunda mitad. A finales del siglo XIX, el auge de la astronomía amateur inspirado principalmente por Flammarion llevó al establecimiento de grandes organizaciones a escala nacional, como la Sociedad Astronómica de Francia (SAF, 1887) y la Asociación Astronómica Británica (BAA, 1890). En Estados Unidos surgieron la Sociedad Astronómica del Pacífico (ASP, 1889) y la Asociación Americana de Observadores de Estrellas Variables (AAVSO, 1911), entre varias.

En 1941 apareció en Estados Unidos la revista *Sky & Telescope*, un baluarte de la astronomía amateur que para el año 1990 alcanzaría una circulación de 130 000 ejemplares alrededor del mundo. En 1957, el inicio de la era espacial fortaleció el interés publico por el cosmos y favoreció la labor de Patrick Moore y de Carl Sagan, entre varios. La astronomía fue la primera de las ciencias que se insertó en la cultura popular, y esto sirvió como catalizador para la divulgación de otras disciplinas científicas durante la posguerra, sobresaliendo en estas lides el bioquímico estadounidense Isaac Asimov (1920–1992).

El estadounidense John L. Dobson (1915–2014), considerado por muchos como el astrónomo aficionado más influyente de la historia, popularizó a partir de 1968 la "astronomía de las aceras" y promovió los telescopios de tipo Dobson, grandes instrumentos de bajo costo que en la actualidad han llegado a las manos de todos. El *Día de la Astronomía*, lanzado en 1972 y desde entonces celebrado cada año, ha propiciado la cooperación entre profesionales y aficionados, y el *Año Internacional de la Astronomía*, realizado en 2009 bajo el liderato de la IAU y de la UNESCO, y apoyado por organizaciones como Astrónomos sin Fronteras, dio origen a exitosos proyectos de divulgación que aún hoy subsisten.

Existe un consenso firme en favor de cinco grandes divulgadores, que no podemos aquí dejar de reseñar. Oportunamente, todo entusiasta de la astronomía debería acercarse a la obra de estos cinco hombres.

## François Arago (1786–1853).

Físico francés de ideas liberales que en 1848 llegó a desempeñarse como presidente de la Comisión Ejecutiva de la República Francesa, aunque quizás es más recordado como el iniciador de la divulgación astronómica. Orador consumado, desde 1812 recibió del gobierno francés una anualidad de 1,500 francos para ofrecer cursos gratuitos de "astronomía popular" en el Observatorio de París, los cuales presentaba una vez por semana y que mantuvo entre 1813 y 1848. Entre sus alumnos se encontraban el filósofo Auguste Comte y el escritor Victor Hugo. La prensa de la época atestiguaba la elevada

concurrencia de sus cátedras y el apasionamiento de los participantes. En 1834 fue nombrado director del observatorio, y en 1854 se publicaron póstumamente las notas de sus cursos.

# Camille Flammarion (1842–1925)

Astrónomo francés que escribió 60 libros, muchos de ellos sobre astronomía. Entre 1858 y 1862 trabajó en el Observatorio de París bajo la supervisión del entonces director Urbain Le Verrier, erigiendo en 1882 su propio observatorio en Juvisy-sur-Orge donde instaló un telescopio refractor de 240 milímetros que aún existe. Revisó y corrigió el catálogo de Charles Messier y realizó frecuentes observaciones del planeta Marte, tema que le apasionaba y al que dedicó varios escritos. Fue editor de revistas, y su libro *Astronomía popular* (1880) que vendió la entonces impresionante cantidad de 100,000 ejemplares, sigue en imprenta hasta hoy. En 1887 fundó y presidió la Sociedad Astronómica de Francia (SAF), organización que permanece como la principal del país.

#### José Comas Solá (1868–1937)

Astrónomo español que sobresalió por sus hazañas como observador telescópico. Utilizando instrumentos modestos vio detalles en las lunas de Júpiter, y el 13 de agosto de 1907 detectó un oscurecimiento en los bordes de la luna *Titan* de Saturno, observación que antes nadie había hecho y que él atribuyó correctamente a la presencia de una atmósfera. Dirigió en Barcelona el Observatorio Fabra desde su fundación en 1904, y luego construyó uno propio al que llamó Villa Urania. Estableció en 1911 la Sociedad Astronómica de España y América, que presidió hasta su muerte en 1937. Escribió 1,200 artículos de popularización científica en periódicos y revistas. Tradujo los libros de Flammarion y en 1935 publicó su obra cumbre, *Astronomía*, difundida en todo el mundo hispánico.

# **Patrick Moore (1923–2012)**

Astrónomo inglés especializado en la Luna y reconocido ampliamente como anfitrión del programa *El cielo de noche*, transmitido cada mes desde Londres por BBC Televisión. Durante 55 años permaneció como presentador (desde 1957 hasta 2012), hecho que está reconocido por el libro Guinness de los récords mundiales. Insuperable como observador telescópico, dibujó desde su traspatio un mapa lunar que luego utilizaría el programa espacial soviético. En 1945 fue admitido como *fellow* de la Real Sociedad Astronómica, y entre 1982 y 1984 presidió la prestigiosa Asociación Astronómica Británica (BAA) de la que fue socio durante toda su vida. Autor prolífico, publicó más de 300 libros entre los que destaca su *Astronomía de aficionado*, leída por muchos y que apareció en múltiples ediciones. También fue traductor de Flammarion y recopiló el *catálogo Caldwell* de objetos de espacio profundo, que divulgó en 1995 con el auspicio de la revista *Sky & Telescope*.

## Carl Sagan (1934–1996)

Astrónomo estadounidense que ejerció durante 28 años como catedrático en la Universidad Cornell, dirigiendo allí el Laboratorio de Estudios Planetarios. Sus trabajos sirvieron para demostrar que la atmósfera de Venus está recalentada por un fuerte efecto de invernadero. Fungió como asesor de la NASA para el programa *Apollo* y durante las misiones *Pioneer*, *Mariner*, *Viking* y *Voyager*, entre varias. Su trabajo más notable fue como guionista y presentador de la serie televisiva *Cosmos: un viaje personal*, transmitida en 1980 por PBS (televisión pública de los Estados Unidos). Tras alcanzar unos 500 millones de televidentes, en 60 países, publicó un exitoso libro de divulgación que también se tituló *Cosmos*. Fue pionero de la astrobiología, un tema que trató en varios libros como *La conexión cósmica* (1973) y particularmente en su novela *Contacto* (1985), y junto con dos colegas fundó en 1980 la Sociedad Planetaria, reclutando enseguida 100 000 socios alrededor del mundo.

# 18. Biografía del astrónomo inglés Patrick Moore

Por Armando Caussade, 2 de abril de 2013. Revisado el 9 de abril de 2020. Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, abril de 2013.

El 9 de diciembre de 2012 falleció sir Patrick Moore, reconocido astrónomo inglés especializado en la Luna y probablemente el mayor divulgador de la astronomía durante el siglo XX. El deceso se produjo a los 89 años de edad, en su residencia de Selsey, Inglaterra (a 100 kilómetros de Londres).

A sir Patrick se le recuerda principalmente como anfitrión del programa *The Sky at Night* (El cielo de noche), que transmite mensualmente BBC Televisión desde Londres. Durante 55 años permaneció como presentador —desde el primer episodio en abril de 1957, hasta uno póstumo emitido en enero de 2013—, reconocimiento que está plasmado en el libro Guinness de los récords mundiales.

Se le atribuye también la autoría del catálogo Caldwell de objetos de espacio profundo, una recopilación que publicó en 1995 con el auspicio de la revista *Sky & Telescope*. Como si fuera poco, fue autor de al menos 60 libros sobre astronomía y según algunos biografos en realidad superó los 300. Dicha producción impresa fue elaborada totalmente utilizando una de sus posesiones más preciadas: su maquinilla Woodstock, modelo de 1908.

Conozco el trabajo de sir Patrick desde 1983, año en que me inicié en la astronomía leyendo su obra titulada *Amateur Astronomy* (Astronomía de aficionado). Dicho texto constituyó mi referencia inicial en esta ciencia, y fue por medio de sus

AMATEUR

ASTRONOMY

The complete and indispensable guide for the amateur astronomer.

Sexta edición del libro "Amateur Astronomy" (1968) que leyó el autor de esta biografía. Crédito: Trabajo derivado por Armando Caussade.

catorce mapas estelares que aprendí a localizar y reconocer las constelaciones. Aunque los episodios de *The Sky at Night* no cruzaban el Atlántico, los libros de sir Patrick sí alcanzaban nuestras costas.

#### Biografía

Sir Patrick Alfred Caldwell-Moore nació en Gran Bretaña el 4 de marzo de 1923, en Pinner, hoy día suburbio de la ciudad de Londres. Educado mayormente en el hogar debido a su constitución enfermiza, desarrolló un apetito voraz por la lectura que lo llevó a leer y estudiar sobre astronomía a la corta edad de seis años.

A los 11 años sir Patrick adquirió su primer telescopio, un refractor de tres pulgadas (76 milímetros) y se incorporó a la Asociación Astronómica Británica (BAA, por su sigla en inglés), entidad amateur de renombre mundial. A los 14 años fue nombrado director del Observatorio de Brockhurst, en el pueblo inglés de East Grinstead.

También a los 14 años realiza su primera presentación ante la BAA, titulada *Small Craters in Mare Crisium* (Pequeños cráteres en *Mare Crisium*). Poco tiempo después estalló la Segunda Guerra Mundial y sir Patrick ingresa a la Real Fuerza Aérea Británica, participando durante cinco años en misiones aéreas y alcanzando el rango de teniente de vuelo. A la edad de 19 años resultó seriamente herido en batalla, aunque rara vez habló en público sobre dicho incidente. Terminada la guerra regresó a East Grinstead y hasta sus 30 años se desempeñó como maestro de escuela primaria.

Sir Patrick siempre deseó casarse, describiéndose a sí mismo como un "soltero reacio". Durante la guerra vivió un romance de tres años con su prometida, Lorna, enfermera militar que murió a consecuencia de un bombardeo. En su autobiografía de 2003 sir Patrick reveló que aún la recordaba, cada día de su vida. Cuatro años después añadió que «no hubo ninguna otra para mí», aclarando que ella había sido su mujer ideal y que él no era dado a aceptar segundas opciones. Comentó que le hubiera gustado tener esposa e hijos, «pero tal cosa no llegaría a suceder».

En 1953 publicó su primer libro, titulado *A Guide to the Moon* (Guía de la Luna), el cual se vendió con gran éxito y marcó el comienzo definitivo de su carrera en la astronomía. La obra, rebautizada como *Patrick Moore on the Moon* (Patrick Moore acerca de la Luna) se



Patrick Moore en el año 2002. Crédito: South Downs Planetarium, Wikimedia Commons CC-BY-SA-3.0.

siguió reeditando hasta 2006. Sus aportaciones al estudio de la Luna fueron notables, destacándose particularmente con su mapa lunar, dibujado mediante observaciones propias y considerado el mejor de la época. Dicho mapa fue consultado en 1959 por las autoridades soviéticas durante el envío de las primeras sondas a nuestro satélite, y posteriormente por la NASA. También dio el nombre a los fenómenos lunares transitorios y promovió su investigación.

La publicación de su libro le abrió puertas en los medios de comunicación, primero en la radio y luego en la televisión. En 1954 sir Patrick participó en un debate televisado sobre el fenómeno OVNI donde asumió la posición negativa. Viajó también a Irlanda donde actuó en una película de ciencia ficción titulada *Them and the Thing* (Ellos y la cosa). El filme se pensaba extraviado pero fue redescubierto recientemente en dicho país. Más adelante sir Patrick fue citado a una reunión con productores de la BBC, y coincidiendo con la aparición del cometa Arend-Roland (C/1956 R1) propuso el lanzamiento del programa *The Sky at Night*.

El 26 de abril de 1957 salió al aire el primer episodio, transmitido en directo desde los estudios Lime Grove en Londres. Durante el programa Sir Patrick habló sobre el cometa Arend-Roland y mostró varias fotografías, ofreciendo además sus pronósticos para el eclipse total lunar de mayo de 1957. Inmediatamente la BBC se vio inundada de correspondencia, en su gran mayoría favorable.

Años después sir Patrick confesó su sorpresa por el éxito que tendría *The Sky at Night* y añadió que jamás hubiera imaginado que permanecería de por vida como anfitrión. Explicó que había entrado a la televisión sin previa experiencia en las comunicaciones y que apenas había concebido el programa como un experimento de corta duración, destinado quizás a una única temporada. Sin embargo, su peculiar modo de hablar con una dicción rápida pero impecable, su timbre atiplado y sutil humorismo, calaron hondamente en el público.

Sir Patrick se convirtió en un viajero asiduo, llegando eventualmente a visitar los siete continentes. E1 15 de febrero de 1961 reportó acerca de un eclipse total solar desde la hoy extinta Yugoslavia. Atravesó la cortina de hierro y visitó varias veces la antigua Unión Soviética, así como la fábrica óptica Zeiss en Alemania Oriental. Luego fue invitado a ofrecer presentaciones de planetario en Sudáfrica y en Estados Unidos. Su producción literaria también empezó a diversificarse, incursionando en los géneros de la ciencia ficción y la literatura juvenil.

En 1965 acepta una invitación para dirigir el propuesto planetario de Armagh, en Irlanda del Norte. Se traslada allí y supervisa la construcción del edificio, el cual inauguró en 1967. Evaluó maquinaria de proyección y solicitó estimados en Estados Unidos y en Japón, decidiéndose por la tecnología del fabricante japonés Goto. Añorando Inglaterra, regresa en 1968 estableciéndose en Selsey.

Aun durante su estadía en Irlanda continuó como anfitrión en *The Sky at Night*. Entrevistó astrónomos renombrados como Harlow Shapley, sir Fred Hoyle, Jocelyn Bell Burnell y Carl Sagan. Reportó extensamente sobre las principales misiones de la NASA —concentrándose en los proyectos Apollo y Voyager— y hasta mostró en exclusiva algunas imágenes del lado oculto de la Luna obtenidas por sondas de la Unión Soviética.

Completamente autodidacta, Sir Patrick insistió siempre en denominarse como astrónomo aficionado y no profesional. A pesar de ello, en 1966 fue admitido en la Unión Astronómica Internacional, entidad de carácter puramente profesional. En 1982 fue elegido presidente de la BAA, organización en la que participó activamente a lo largo de los años y que en sus propias palabras «constituyó un elemento sobresaliente» dentro de su vida.

Sir Patrick hablaba el francés con fluidez y era aficionado al golf y al cricket. Disfrutaba el ajedrez y admiraba las proezas del campeón José Raúl Capablanca (1888–1942). Participó como líder en el movimiento escucha, especialmente durante su época de East Grinstead. Era opositor de la cacería y protector de los animales, sintiendo una particular afinidad hacia los gatos. Adquirió también alguna fama como músico y compositor. Tocaba el piano y el xilófono, y componía música de ópera.

Sir Patrick se dedicó con ahínco a la observación de los eclipses solares, llegando a presenciar once eclipses de tipo total. En su autobiografía dedica un capítulo completo a este tema, relatando con lujo de detalle su exitosa observación de la totalidad el 30 de junio de 1973, realizada desde la costa de Mauritania en África occidental. Asimismo, se destacó durante la aparición del cometa Halley, viajando a Australia en 1986 para reportar sobre este acontecimiento. En 1998 desembarcó en la Antártida, tras ser invitado a ofrecer algunas charlas en un buque de cruceros.

Entre 1986 y 1998 sir Patrick libró una batalla campal para evitar el entonces inminente cierre del Real Observatorio de Greenwich. Inaugurado en 1675, este observatorio fue el segundo del mundo en poseer instrumentos ópticos, adquiriendo en 1884 una gran fama al convertirse en sede del meridiano cero. Sir Patrick, convertido ya en celebridad y apoyado por las masas, escribió a la primera ministra Margaret

Thatcher y visitó el parlamento, consiguiendo el respaldo de ambas cámaras. Lamentablemente, los vaivenes de la política silenciaron su reclamo y el observatorio cesó como establecimiento dedicado a la investigación. Desde 1998 existe solo como museo y centro de divulgación.

Sir Patrick nunca cursó estudios universitarios. Sin embargo, recibió varios doctorados honoríficos, sobresaliendo especialmente el que le fuera conferido en 1996 por la Universidad de Leicester, institución hacia la que sentía un gran apego. En 2008 se le volvió a reconocer mediante un *fellowship* honorífico con distinción, lo cual constituye el más alto título habitualmente otorgado por la universidad.

Ya en 1945 había sido reconocido como *fellow* de la Real Sociedad Astronómica (la RAS, entidad distinta de la BAA). En 1968 fue admitido en la Orden del Imperio Británico, en grado de oficial, y ascendido a comendador en 1988. En 2001 acudió al Palacio de Buckingham donde fue investido como caballero y autorizado a apodarse "sir". Ese mismo año recibió un *fellowship* honorífico de la Real Sociedad de Londres para el Avance de la Ciencia Natural (*The Royal Society*), y en 2002 la Academia Británica de las Artes Cinematográficas y de la Televisión le confirió el prestigioso premio BAFTA (por su sigla en inglés).

Uno de los acontecimientos astronómicos más notables en la vida de sir Patrick fue la observación del tránsito de Venus en 2004, realizada bajo cielos perfectamente despejados desde su residencia en Selsey. Junto a una multitud de entusiastas provenientes de todas partes del Reino Unido, entre los cuales se hallaba el astrónomo y músico Brian May —cercano amigo suyo— proyectó la imagen del Sol y de Venus sobre una cartulina empleando su legendario telescopio de tres pulgadas. Observó también el tránsito de 2012 desde una playa cercana a Selsey, trasladándose luego a su hogar donde celebró una fiesta junto a sus allegados.

Al ser cuestionado sobre la posibilidad de encontrar vida extraterrestre, sir Patrick siempre respondía que «no podemos ser los únicos». Consistentemente recalcó su convicción sobre este particular, aunque reconociendo que carecía de evidencia empírica para demostrarlo. En una de sus últimas entrevistas — concedida en octubre de 2012— habló a profundidad sobre el asunto, expresando que «en nuestra galaxia existen aproximadamente cien mil millones de estrellas, y además hemos observado mil millones de galaxias, aunque es muy probable que existan más; por lo tanto, debe existir vida ahí afuera, y a mí me encantaría salir a contactarla».

Sir Patrick fue siempre un hombre sencillo y humilde, quien se caracterizó por su eterna fidelidad a la BBC y su rechazo de jugosas ofertas por otras cadenas de televisión. Jamás rehuyó invitaciones para dictar conferencias ni se rehusó a recibir visita alguna. Decía: «Me agrada recibir al público, y si alguien pidiera mirar por mis telescopios me alegraría ofrecerle la oportunidad». Y resumiendo su paso por el mundo, añadió: «Si de veras he hecho algo con mi vida, espero que haya sido infundir el interés por la astronomía en alguna que otra persona».

#### Referencias

Anónimo n.º 1 (2012–12–09), "Obituary: Patrick Moore", *BBC News*, <a href="http://www.bbc.co.uk/news/uk-10525469">http://www.bbc.co.uk/news/uk-10525469</a>>, consultado en 2013–03.

Anónimo n.º 2 (sin fecha), "Patrick Moore", *Wikipedia*, < <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Patrick\_Moore">http://en.wikipedia.org/wiki/Patrick\_Moore</a>>, consultado en 2013–03.

Anónimo n.º 3 (2012–12–10), "The Irish Connections of Patrick Moore (1923–2012)", *Science.ie News* (a Science Foundation Ireland project), <a href="http://www.science.ie/science-news/patrick-moore-irish-connections.html">http://www.science.ie/science-news/patrick-moore-irish-connections.html</a>>, consultado en 2013–03.

Moore P. (2005), *The Autobiography*, Sutton Publishing. Este libro constituye la edición revisada de la autobiografía original publicada por Moore en 2003.

Tubella P. (2012–12–13), "Patrick Moore, astrónomo con vocación pedagógica", *El País*, <<u>http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/12/13/actualidad/1355435642\_186156.html</u>>, consultado en 2013–03.

# 19. Reseña del astrónomo puertorriqueño Víctor M. Blanco

Por Armando Caussade, 12 de abril de 2011. Revisado el 25 de mayo de 2015 y el 4 de abril de 2020.

Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, mayo de 2011. Reimpreso con revisiones en *El Observador*, junio de 2015.

A unque he consultado las fuentes usuales como enciclopedias y artículos periodísticos, el haber hallado y estudiado su autobiografía de 2001 me ha permitido aportar algunos datos originales, que no siempre aparecen citados y que pocos conocen.

#### Reseña

El puertorriqueño Víctor Manuel Blanco fungió entre 1967 y 1981 como director del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, en Chile, entonces el mayor complejo astronómico en todo el hemisferio sur. El doctor Blanco nació en Guayama, Puerto Rico, el 10 de marzo de 1918 y murió el 8 de marzo de 2011 —a los 92 años de edad— en la población de Vero Beach, Florida. Le sobrevive su segunda esposa, un hijo, un hijastro y una hijastra.

Fue el primer puertorriqueño que tomó como profesión la astronomía. Vivió, se instruyó y trabajó en la isla hasta los 21 años cuando embarcó al continente. Durante sus años de secundaria se dedicó a criar cerdos, a los cuales daba nombres de asteroides. También se hizo ebanista, oficio que luego practicó como afición y que conservaría de por vida. Tuvo el privilegio de escuchar lecciones de ciencias y de matemáticas impartidas por excelentes maestros, quienes estimularon su



Víctor M. Blanco en sus años de director. Crédito: NOAO / AURA / NSF.

curiosidad científica y al mismo tiempo fortalecieron su autoestima intelectual. Leyó revistas de divugación científica —las cuales habían empezado a popularizarse durante la época— y aprendió incluso a elaborar telescopios, fabricándose un magnífico reflector de 150 milímetros de abertura.

Durante un breve período de incertidumbre profesional se matriculó en un programa de premédica ofrecido por la Universidad de Puerto Rico, aunque en 1939, decidido finalmente a estudiar astronomía, ingresó a la Universidad de Chicago. La Segunda Guerra Mundial y el consiguiente reclutamiento por las fuerzas armadas le interrumpieron la carrera, pero a su regreso la universidad le acreditaría su experiencia militar, otorgándole en 1946 el grado de bachiller. Inmediatamente comenzó estudios graduados, llegando a oír cátedras dictadas por los legendarios astrónomos Otto Struve (1897–1963) y Subrahmanyan Chandrasekhar (1910–1995).

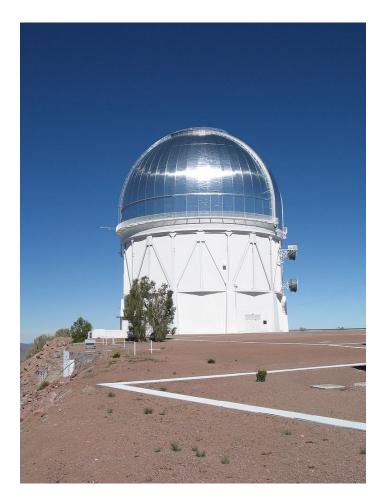
Al poco tiempo se trasladó a la Universidad de California en Berkeley, donde en 1949 obtendría el título de doctor. Su trabajo doctoral —supervisado por Robert J. Trumpler (1886–1956)— tuvo que ver con la determinación de magnitudes absolutas de estrellas tipo A en secuencia principal, lo cual realizó mediante estimados de distancia obtenidos por muestreo de movimientos estelares. Dichos esfuerzos le condujeron al descubrimiento del cúmulo abierto *Blanco 1*, ubicado cerca del polo sur galáctico en la constelación *Sculptor* y centrado en torno a la estrella ζ Sculptoris.

Tras completar su doctorado retornó brevemente a la isla, empleándose como catedrático auxiliar en el campus de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico.

Entre 1950 y 1965 trabajó en la Universidad Case-Western Reserve (Cleveland, Ohio). Allí se dedicó tanto a la investigación como a la enseñanza universitaria, llegando a redactar el libro *Basic Physics of the Solar System* (1961) junto al también astrónomo Sidney W. McCuskey (1907–1979). Dicha obra se utilizó para entrenar un buen número de ingenieros adscritos al naciente programa espacial de los Estados Unidos.

Tomando una licencia durante su estadía en Case y bajo el auspicio de la UNESCO, se trasladó por un año al Observatorio Bosscha (ubicado en la isla de Java, Indonesia) para instalar un telescopio fotográfico tipo Schmidt. En 1965 aceptó empleo en el Observatorio Naval de los Estados Unidos, quienes le enviaron a Arizona para realizar mediciones telescópicas de paralaje estelar.

Nombrado director del Observatorio del Tololo en 1967, le tocó franquear el turbulento período histórico que vivió Chile con la elección del presidente Salvador Allende (1970) y durante el golpe de estado protagonizado por Augusto Pinochet (1973).



Cúpula del telescopio Blanco en Cerro Tololo. Crédito: David Walker, Wikimedia Commons GNU-1.2.

El doctor Blanco es recordado especialmente por sus exitosas negociaciones con ambos presidentes chilenos. Diplomático consumado, logró proteger la autonomía administrativa del observatorio, y muy particularmente, asegurar el empleo de sus subalternos, entre los cuales había militantes de todas las ideologías políticas.

Tras su llegada a Chile en junio de 1967, organizó en Cerro Tololo actividades de inauguración. Contrató seis astrónomos jóvenes y entusiastas, entre los cuales se encontraba Patrick S. Osmer (1943–), quien más adelante le sucedería en la dirección del observatorio. Existía ya en la montaña un

instrumento de 1.5 metros de abertura, como también uno de 910 milímetros y otros dos de menor tamaño. Se recibió, además, un telescopio Schmidt de 610 milímetros instalado por la Universidad de Michigan y que en varias ocasiones él mismo llegaría a utilizar.

En 1973 el doctor Blanco recibió el espejo primario y demás componentes de lo que luego sería el telescopio de 4 metros, concebido desde sus inicios como gemelo del célebre telescopio Mayall que reside en el Observatorio de Kitt Peak, en Arizona. Supervisó las brigadas de ensamblaje —labor que se extendería por dos años— y durante las etapas finales se encargó personalmente del ajuste de la enorme montura ecuatorial que aún hoy día sostiene al instrumento. A principios de 1976 inauguró el telescopio y autorizó las primeras observaciones regulares.

Al terminar su incumbencia como director, en 1981, permaneció en el observatorio en calidad de investigador. Se interesó particularmente en el estudio de las estrellas gigantes rojas con espectro tardío (de tipo M5 en adelante) y también de las llamadas estrellas de carbono. Determinó la distribución de estas poblaciones estelares en el núcleo de nuestra galaxia —la Vía Láctea— y en el interior de las Nubes de Magallanes, e igualmente obtuvo los primeros resultados confiables para la magnitud absoluta de las estrellas de carbono. Extendió luego su búsqueda de estrellas rojas a otras galaxias, como las enanas de Sculptor y de Fornax.

A lo largo de su carrera el doctor Blanco publicó aproximadamente 180 artículos en revistas científicas. Sus aportaciones a la astronomía fueron reconocidas por la Academia Chilena de Ciencias, y en los Estados Unidos por la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF, por su sigla en inglés), y por la Asociación de Universidades para la Investigación en la Astronomía (AURA).

Víctor M. Blanco se retiró definitivamente en 1993. Cabe destacar que el telescopio de 4 metros — instalado por él, y que permanece hoy día como el mayor instrumento en la montaña— fue bautizado en 1995 como *telescopio Blanco*. Se nombró también en su honor el asteroide *9550 Victorblanco*. ■

#### Referencias

Anónimo (sin fecha), "Víctor Manuel Blanco", *Wikipedia*, <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Víctor\_Manuel">http://en.wikipedia.org/wiki/Víctor\_Manuel</a> \_Blanco>, consultado en 2011–04.

Blanco V. M. (2001), "Telescopes, Red Stars, and Chilean Skies" (autobiografía breve), *Annual Review of Astronomy and Astrophysics 2001*, vol:39 p:1–18. Existe versión digital en <a href="http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.astro.39.1.1">http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.astro.39.1.1</a>>.

Flores Otero J. (2010), "Más allá de las estrellas... Legado del primer astrónomo puertorriqueño, Víctor Blanco", *Ciencia Puerto Rico*, <a href="http://www.cienciapr.org/es/monthly-story/mas-alla-de-las-estrellas-legado-del-primer-astronomo-puertorriqueno-victor-blanco">http://www.cienciapr.org/es/monthly-story/mas-alla-de-las-estrellas-legado-del-primer-astronomo-puertorriqueno-victor-blanco</a>, consultado en 2011–04.

Overbye D. (2011–03–16), "Victor Blanco, Stargazer, Dies at 92", *The New York Times*, <a href="http://www.nytimes.com/2011/03/17/science/space/17blanco.html?red">http://www.nytimes.com/2011/03/17/science/space/17blanco.html?red</a>, consultado en 2011–04.

Panek R. (2011–04–08), "How the Other Half Lived", *The Last Word on Nothing* (blog), <a href="http://www.lastwordonnothing.com/2011/04/08/how-the-other-half-lived/">http://www.lastwordonnothing.com/2011/04/08/how-the-other-half-lived/</a>>, consultado en 2011–04.

# 20. Biografía de Elio Delgado Suárez, ingeniero aeroespacial

Por Armando Caussade, 20 de septiembre de 2015. Artículo original para la revista astronómica *El Observador*, octubre de 2015.

El ingeniero Elio Delgado Suárez, amigo y colega, fue el primer divulgador de las ciencias del espacio que haya tenido Puerto Rico. Como educador dejó un legado insuperable, aunque nunca ejerció la docencia de un modo formal. En homenaje a su persona y cumpliéndose veinte años de su fallecimiento decidí escribir las siguientes líneas. Hasta donde tengo conocimiento, se trata de la primera semblanza oficial que sobre él se haya publicado.

Elio le dedicó su vida laboral a la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, y en 1992 organizó la Red Aeroespacial de Puerto Rico, entidad con la que había soñado por años y que presidió hasta su deceso en 1995. Se afilió a la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico, donde se desempeñaría como coordinador de programas educativos, e igualmente a la Sociedad de Historia Natural de Puerto Rico, donde incluso llegaría a ejercer la presidencia.

# Biografía

Elio Delgado Suárez nació el 15 de noviembre de 1952 en la ciudad de Guanajay, en Cuba, la cual dista apenas unos 58 kilómetros de La Habana. Su padre murió a la edad de 36 años, cuando Elio apenas tenía seis, quedando este solo con su madre, Beatriz Suárez Menéndez, pues era hijo único.

Junto con su madre sale de Cuba en 1966 con destino a España. Después de un año de residencia en Madrid, Elio se trasladaría a Puerto Rico donde vivían algunos parientes, completando luego algunos trámites que le permitieron traer a su madre. Llegado a Puerto Rico en 1967 y afincado en Santurce —histórico barrio de San Juan, donde residiría casi ininterrumpidamente por el resto de su vida— se matricula en el Colegio San Vicente de Paúl, ubicado en aquella misma vecindad.

Desde su adolescencia mostró un agudo interés por la aviación y la astronáutica. Aficionado al modelismo de aviones, poseía y atesoraba una impresionante colección. Al terminar la secundaria obtuvo admisión en *Embry-Riddle Aeronautical University*, institución ubicada en la ciudad de Daytona (estado de Florida) y especializada en



Elio Delgado en el año 1985. Crédito: Maricarmen Ferrer.

estudios aeronáuticos. Se trasladó al continente y con grandes dificultades permaneció allí, pues para aquel entonces Elio ya sufría los embates de la diabetes tipo 1, condición que también padeció su padre.

En 1975 completó un bachillerato en ingeniería aeroespacial. Regresó a la isla un tanto desmejorado de salud, lo cual atrasaría su entrada al mundo laboral. Después de un período de convalecencia comenzó a trabajar como asesor científico en el Área de Calidad de Agua de la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, empleo que mantendría por vida. Aunque su puesto no tenía una relación directa con su

especialidad académica lo ejerció siempre con gran entusiasmo, ganándose una reputación de funcionario comprometido y eficaz.

Se mantenía actualizado en materia aeroespacial mediante suscripciones a revistas especializadas. Leía vorazmente tanto en español como en inglés, pues era perfectamente bilingüe. Aunque ya se le reconocía como autoridad en la materia, decidió esperar algunos años antes de lanzarse de lleno a la vida pública.

A raíz del desastre ocurrido con el transbordador espacial *Challenger* el 28 de enero de 1986, Elio incursionó en los medios de comunicación. La necesidad que entonces existía en Puerto Rico de dar a conocer el programa espacial de los Estados Unidos, sumado a la carencia de personal científico cualificado en estas lides, fue su motivación. De hecho, su teoría inicial acerca del fallo que ocasionó la explosión del *Challenger* —una junta defectuosa en los cohetes de combustible sólido— y que difundió en sus reportajes, coincidió esencialmente con los resultados publicados posteriormente mediante informes del gobierno federal.

Su presencia en los medios se inició en Telemundo Puerto Rico (WKAQ-TV canal 2) donde realizó algunas presentaciones breves en materia aeroespacial, acudiendo posteriormente y con cierta regularidad al programa *Primera Plana*, moderado por Néstor Figueroa Lugo y transmitido por la Emisora Universidad Católica (WEUC 88.9 FM). Al principio se concentró en la televisión y la radio, aunque colaboró también con la prensa escrita. Más adelante comenzaría a presentarse como conferenciante y divulgador de la ciencia.

Elio siempre consideró la llegada del hombre a la Luna como una proeza inigualable. Para él constituyó el mayor hito de la era espacial. Conforme a esta convicción y según se aproximaba el vigésimo aniversario de dicho acontecimiento, concibió la idea de traer a Puerto Rico alguno de los astronautas adscritos al proyecto *Apollo*. Tras múltiples y dificultosas gestiones se invitó al capitán Edgar D. Mitchell (1930–2016), quien participó del *Apollo 14* y fue la sexta persona en caminar sobre la Luna. Elio recibió la colaboración del Parque de las Ciencias Luis A. Ferré en la ciudad de Bayamón —lugar donde se desarrollaría el evento, que se extendió desde el 16 hasta el 22 de julio de 1989— más el auspicio del hotel Condado Beach que sufragó el alojamiento del astronauta. Muchas otras organizaciones también apoyaron el proyecto, aunque el mérito por la iniciativa y la organización recayó integramente sobre Elio, como asimismo en su esposa e incondicional colaboradora, Maricarmen Ferrer.

La presencia del capitán Mitchell, sumada a una amplia diversidad de actividades suplementarias, llegó a atraer más de 1,200 personas. Algunos quedaron muy impresionados y aún hoy conservan vívidos recuerdos. Durante el evento Elio coincidió con la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR), entidad que también le apoyó y a la cual él decidiría ingresar en agosto de 1989.

En la SAPR percibimos inmediatamente la elevada calidad humana que encarnaba Elio. Se trataba de un hombre incorruptible y de intachable integridad. En septiembre de 1989 se le nombró coordinador de programas educativos, premiándosele en agosto de 1990 por la eficacia de su labor. Bajo la incumbencia de Elio la SAPR multiplicó sus apariciones en las universidades y ante los medios, adquiriendo la agrupación un nivel de prestigio que perdura hasta hoy día.

El 12 de agosto de 1989 compareció junto a varios colegas de la SAPR en Radio Uno (WUNO 630 AM). El 12 de octubre se presentó —a nombre de la SAPR— en el Parque de las Ciencias Luis A. Ferré para ofrecer una charla sobre la misión *Galileo*, destinada por la NASA a examinar el planeta Júpiter. El

18 de octubre, precisamente el mismo día en que se lanzó el transbordador *Atlantis* portando la sonda *Galileo*, ofrecería una conferencia ante la matrícula de la SAPR. En diciembre de 1989 publicó un artículo sobre el satélite *Solar Maximum*, el primero de varios que remitiría para *El Observador*, revista oficial de la SAPR.



Elio Delgado en 1989, durante la visita a Puerto Rico del astronauta Edgar D. Mitchell. Aparece también el honorable Ramón Luis Rivera, entonces alcalde de Bayamón. Crédito: © 1989 Maricarmen Ferrer. Reproducido con la debida autorización.

Al comienzo de la nueva década Elio y su esposa se vincularon con la Sociedad de Historia Natural de Puerto Rico (SHNPR), y por conducto de ésta con la Universidad del Sagrado Corazón, sede habitual de la SHNPR. En esta organización llegaría eventualmente a alcanzar la presidencia, posición que ocupaba cuando le sorprendió la muerte en 1995.

El año 1990 fue para Elio uno muy productivo. Acudió el 15 de enero al programa *Despierta Puerto Rico* de WAPA Televisión (WAPA-TV canal 4). El 29 de enero habló en el noticiero de Telemundo Puerto Rico, y el 3 de febrero visitó Radio Uno. El 20 de marzo se presentaría en el programa *Magacín* de la emisora KVM Radio (WKVM 810 AM). Ofreció, además, una buena cantidad de conferencias, dos de las cuales recibieron una amplia cobertura por la prensa: su participación en el panel sobre el *lanzamiento del telescopio espacial Hubble* (21 de marzo de 1990), auspiciado por la SAPR, y su conferencia titulada *Año 20XY: primer viaje tripulado al planeta rojo* (17 de octubre de 1990), auspiciada por la SHNPR.

En abril de 1990, durante una exhibición de la SAPR en el centro comercial Plaza las Américas, ofreció varias charlas cortas. Posteriormente realizó una ponencia ante el XXII Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS), que se celebró en la ciudad de San Juan entre los días 9 y 14 de septiembre de 1990. La presentación se tituló *Plataformas espaciales generadoras de electricidad: la solución a la crisis energética y al efecto invernadero*. El tema caló hondo y en los meses siguientes publicaría en la prensa varios artículos que también giraban en torno a la generación de electricidad.

Elio ganó popularidad y renombre por sus comentarios sobre la aviación y las estrategias aéreas utilizadas durante la guerra del Golfo Pérsico, conflicto que transcurrió entre agosto de 1990 y febrero de 1991. Dicha participación se dio mayormente a través del programa *Análisis Noticioso*, moderado por Andrés Salas Soler y Millie Gil, y transmitido por la estación televisiva del Sistema Universitario Ana G. Méndez (WMTJ-TV canal 40). Como resultado de dichos reportajes, en 1991 el Instituto Teleradial de Ética de Puerto Rico le confirió al canal el prestigioso premio INTRE por excelencia en las comunicaciones.

A principios de 1991 la emisora 11Q (WQII 1140 AM) proveyó a la SAPR varios espacios radiales, en algunos de los cuales participó Elio. Durante sus intervenciones la audiencia se excitaba y los cuadros telefónicos no paraban de sonar. El 11 de julio de 1991 se observó en Puerto Rico un eclipse parcial del Sol, cuya totalidad en México fue una de las más extensas jamás registradas. Durante los días previos al eclipse Elio se presentó ante los medios para advertir que jamás debería mirarse el Sol directamente. Sobre este mismo tema disertaría el 19 de junio de 1991, durante un foro realizado por la SAPR.

Entre mayo y julio de 1992 la NASA lanzó ocho cohetes desde el campamento militar de Tortuguero, en el municipio de Vega Baja. Durante cada lanzamiento se colocarían entre 50 y 100 kilogramos de material electrosensitivo a unos 450 kilómetros de altura. Dicho material sería entonces irradiado por el Sol y produciría una estructura similar a las auroras polares, permitiendo así estudiar el magnetismo de la Tierra. Denominado *Proyecto Coquí*, el operativo contó con la participación del Observatorio de Arecibo y del proyecto CRRES (*Combined Release and Radiation Effects*) que a partir de 1990 operó un satélite conocido por el mismo nombre.

Con el aval de la Junta de Calidad Ambiental, Elio fue reclutado como asesor para el *Proyecto Coquí*. Se le requirió su presencia durante el lanzamiento de cada uno de los cohetes, a tempranas horas de la madrugada, acudiendo él siempre con admirable puntualidad y acompañado por su esposa Maricarmen. Precisamente, fue durante esa época cuando recibió importantes ofertas para trabajar en el continente. Le entusiasmaba el prospecto de emprender nuevos rumbos profesionales, pero su ya deteriorada salud le impidió acceder.

En marzo de 1992, Elio realizaría su sueño de toda la vida: el establecimiento de la Red Aeroespacial de Puerto Rico (RAPR), una organización no lucrativa que desde ese momento se dedicaría a divulgar las ciencias del espacio. Esta entidad, que fue la primera de su tipo en la isla, vino a llenar un vacío que existía desde el comienzo de la era espacial. Uno de los eventos más memorables de la RAPR sería la orientación que ofreciera Elio sobre el *Proyecto Coquí*, el 14 de mayo de 1992.

Los años 1992 y 1993 fueron quizás los más prolíficos de Elio en su faceta como orador. Ante la SAPR ofreció dos conferencias: *La capa de ozono y el planeta Tierra* (8 de abril de 1992); y *El Mars Observer: ¿Qué le pasó?* (20 de octubre de 1993). Como presidente de la RAPR habló en tres ocasiones, al menos: la primera, sobre los *satélites como medio de estudio de la capa de ozono* (a

principios de 1993); la segunda, sobre *perspectivas de los problemas ambientales de Puerto Rico* (22 de octubre de 1993); y la tercera, sobre *el transbordador Endeavour y la reparación del telescopio espacial Hubble* (2 de diciembre de 1993).

La RAPR realizó una amplia labor educativa en las escuelas de Puerto Rico. De hecho, Elio expresó que su presencia en las escuelas debería considerarse como el aspecto más sobresaliente de su vida pública. Entre varias instituciones, visitó el Colegio de La Salle donde ofrecería varias conferencias a lo largo del año 1993.

Elio era un educador innato y poseía la capacidad de comunicar la ciencia con una sencillez asombrosa. Esto en parte le venía de su madre quien se había desempeñado como maestra. Sus discursos llevaban un enfoque interdisciplinario, pues le gustaba demostrar que la astronáutica constituía un factor determinante sobre los avances de la astronomía, e igualmente que la tecnología aeroespacial podía ayudar a atender los problemas energéticos y del medio ambiente. Con su voz fuerte y timbre profundo proyectó siempre una autoridad extraordinaria.

Bajo la supervisión de Elio, la RAPR publicó un boletín que llevó por título *La Red Informa* y que se emitió desde 1992 hasta 1995. Entre los colaboradores habituales se encontraban Roberto de León González, Maribel Suárez y Carol Irizarry.

Desde finales de 1992 y a lo largo de 1993, Elio llegaría a disponer de su propio programa radial, que bautizó como *Tecnología aeroespacial, ambiente y algo más*, y que se trasmitía de lunes a miércoles entre 6:00 y 7:00 pm, a través de la emisora 11Q. Reconociendo este aporte a la divulgación de la ciencia, en 1993 el Instituto Teleradial de Ética de Puerto Rico le volvería a galardonar con un segundo premio INTRE, que le sería conferido esta vez en su carácter personal.

El año 1994 fue difícil debido a las continuas recaídas ocasionadas por su enfermedad. Esto no impidió que Elio y la RAPR se aliaran con la SHNPR y la SAPR para celebrar el vigésimo quinto aniversario del primer alunizaje, por medio de una actividad realizada el 20 de julio de 1994 en el teatro Emilio S. Belaval de la Universidad del Sagrado Corazón. Elio presentó un documental titulado *Misión a la Luna: la gran epopeya de nuestra civilización*, y luego ofreció una conferencia denominada *El retorno a la Luna*, llenando a capacidad el teatro Belaval que posee 344 butacas. Afuera, los telescopios de la SAPR apuntaban a la Luna, señalando el célebre *Mare Tranquillitatis* que pisaron Neil Armstrong y Buzz Aldrin aquel 20 de julio de 1969. Transmitido en directo por WAPA Televisión y por Teleonce (WLII-TV canal 11), sería éste uno de los eventos más exitosos que llegara él a coordinar y que mayor disfrute le produjera.

Comenzando en enero de 1995 Elio se desempeñaría como presidente de la SHNPR, siendo una de sus gestiones más sobresalientes su carta del 8 de junio de 1995, dirigida al supervisor forestal de El Yunque, mediante la cual opinó sobre cómo mejorar el entonces propuesto *Plan de terrenos y recursos del Bosque Nacional del Caribe*. En materia aeroespacial anunció a la prensa que el 10 de febrero de 1995 la RAPR abriría su nuevo ciclo anual de charlas con el tema *Las misiones de los transbordadores de la NASA a la estación espacial rusa Mir*.

Según avanzaba el año 1995 sus visitas al hospital se hicieron más frecuentes y prolongadas. Dichas circunstancias provocarían una merma considerable en las actividades de la RAPR. Después de varias complicaciones relacionadas con la diabetes falleció en San Juan, el 24 de octubre de 1995, a la edad de 42 años.

### Agradecimiento

Agredezco encarecidamente a la licenciada Maricarmen Ferrer quien aportó la mitad de los datos que he presentado y corroboró muchos otros. Con este propósito la entrevisté presencialmente el 22 de mayo de 2015, en Santurce. Proveyó ella también las fotografías que acompañan el texto. ¡Gracias!

## 21. Semblanza y apreciación del astrónomo Víctor Román Cordero

Por Armando Caussade.

Redactado en dos partes, en 14 de abril de 2015 y 14 de septiembre de 2015.

Extracto del libro *Víctor Román Cordero: un astrónomo boricua y su legado* (1.ª edición), que se publicó el 12 de febrero de 2016 como homenaje en memoria de Víctor.

Víctor fue un inseparable colega y entrañable amigo quien durante el segundo término de mi presidencia en la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR), entre los años 2010 y 2013, fuera vicepresidente e incondicional colaborador. Identificado con la SAPR hasta el tuétano, durante sus últimos ocho años fue uno de los más sólidos pilares que jamás llegara a tener esta organización.

Cuatro días después de su fallecimiento escribí una semblanza que se publicó en la revista de la SAPR, *El Observador* (abril de 2015). Reproduzco el texto con algunas revisiones y añadiduras. Redacté luego una apreciación más personal sobre Víctor, en la cual quise también compartir algunas remembranzas acerca de su vida pública. Dicha apreciación apareció en el libro *Víctor Román Cordero: Un astrónomo boricua y su legado*, que edité junto con J. A. Gómez, J. A. Peña Hevia y J. Villafañe Ríos y que publicó la SAPR en febrero de 2016. La reproduzco aquí textualmente.

#### Semblanza

Víctor Román Cordero nació el 12 de diciembre de 1964 y era natural del barrio Sabana Hoyos, en Arecibo. Nacido en pleno auge de la era espacial, se interesó desde pequeño por la ciencia. En julio de 1969 presenció en la televisión la llegada del ser humano a la Luna, acontecimiento que marcaría su vida. Cursó sus estudios secundarios en la escuela superior vocacional Antonio Lucchetti (Arecibo) y luego obtuvo el grado de bachiller en tecnología de ingeniería electrónica de la Universidad Interamericana de Puerto Rico, recinto de Aguadilla.

Después de graduado trabajó como especialista en electrónica en diversas empresas, como General Instruments, Precision Audio y la planta de Hewlett-Packard en Aguadilla. Fue este último uno de los empleos que más le satisfizo como profesional. Igualmente laboró como docente de matemáticas y tecnología electrónica en colegios postsecundarios de Arecibo. Su estilo de enseñanza era ameno y nunca perdía la atención de sus audiencias.

Víctor ingresó a la SAPR en 1996 y estableció cuatro años después la región de Arecibo (entonces denominada Capítulo de Arecibo). Como director regional obtuvo permiso del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico para utilizar el bosque de Cambalache como sede para noches de observación y trasladó en 2011 dichos eventos al parque de pelota Juan Figueroa Cruz, en el barrio Factor II. Desde septiembre de 2007 y hasta su fallecimiento en abril de 2015 se desempeñó como vicepresidente de la SAPR, trabajando paralelamente como subeditor de *El Observador*, revista oficial de la SAPR.

Como divulgador de la astronomía Víctor se destacó en todas las facetas. Publicó un total de 295 artículos y también realizó junto con su esposa —la periodista Michelle Kantrow— una titánica labor editorial en la revista *El Observador*. En innumerables ocasiones fungió como orador en conferencias y

simposios, así como moderador de actividades de observación telescópica, para alcanzar a partir del año 2009 una audiencia directa que superaba las 5,000 personas anuales. Redactó y distribuyó aproximadamente 150 comunicados de prensa, y participó en decenas de entrevistas radiales y televisivas.

Promovió diversos proyectos de ciencia ciudadana —sobre todo de conteos estelares— y participó asiduamente en la lucha contra la contaminación lumínica. A estos efectos, representó a la SAPR en el *Consejo Asesor en Contaminación Lumínica* (CACL), adscrito a la iniciativa *Puerto Rico Brilla Naturalmente* del Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico. Posteriormente, y también en representación de la SAPR, ingresó al *Comité para la Reglamentación de la Contaminación Lumínica* (CRCL) de la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico, que elaboró reglamentos para atender este problema.

Durante el *Año Internacional de la Astronomía* (IYA2009) Víctor tuvo una destacadísima participación y sobresalió especialmente con su conferencia sobre las constelaciones, el 27 de junio de 2009 en la reserva natural de Punta Tuna, en Maunabo, y que figuró en el informe final del IYA2009 que publicó la Unión Astronómica Internacional. En agosto de 2009 recibió de sus colegas en la SAPR un homenaje por su labor, volviendo ésta a reconocerle cuatro años después.



Víctor en el año 2012. Crédito: Michelle Kantrow.

Víctor siempre fue un gran admirador del programa espacial. Entre sus encuentros públicos con astronautas resalta el de 3 de junio de

2009, con Joseph M. Acabá y Steven R. Swanson. Otro encuentro significativo fue el de 15 de noviembre de 2010, en la oficina del gobernador, durante el cual Víctor conversó y hasta se retrató con los astronautas Michael J. Foreman y José M. Hernández.

Particularmente interesante resultó la entrevista sobre el eclipse total lunar ocurrido el 21 de diciembre de 2010, transmitida esa madrugada a través de WIPR Televisión (canal 6) y que se prolongó desde las 2:45 am hasta las 5:15 am. Sin duda alguna fue la más sobresaliente de sus apariciones en la televisión. Entre sus intervenciones con la prensa escrita se destaca la extensa entrevista realizada por el rotativo *El Nuevo Día*, que trató sobre las predicciones acerca del fin del mundo y que se publicó en dos plazos, ambos del 21 de diciembre de 2012.

En 2012 se integró como voluntario al programa *Embajadores del Sistema Solar*, administrado por el Laboratorio de Propulsión a Chorro (Jet Propulsion Laboratory) de la NASA. Ese mismo año se afilió a la Asociación de Maestros de Ciencia de Puerto Rico. Su trabajo educativo fue galardonado en 2013 por el Centro UNESCO de Cultura (Asociación Puertorriqueña de la UNESCO).

En unas veinte ocasiones se dirigió como orador ante su propia organización, la SAPR, y ante audiencias externas lo haría en más de un centenar de oportunidades. Una de sus conferencias más recordadas fue la ofrecida el 9 de agosto de 2013 durante el *Primer foro sobre prevención y control de la contaminación lumínica en Puerto Rico*, organizado por la Junta de Calidad Ambiental de Puerto Rico y cuya concurrencia superó las 100 personas. Pronunció su discurso más notable el 13 de diciembre de 2013 en la ciudad de Fajardo, cuando disertó magistralmente sobre el *Impacto de la astronomía en la* 

vida diaria, ante una audiencia de 500 personas.

Víctor poseía un conocimiento vasto de las constelaciones y con regularidad utilizaba su apuntador de rayos láser para señalar la bóveda celeste e identificar las principales estrellas y asterismos. Explicaba también la historia y mitología de las constelaciones, estableciendo así un nexo entre la ciencia y las humanidades. Sentía gran satisfacción cuando compartía sus conocimientos con los niños y los no videntes, dos sectores de la población que llevaba muy cerca de su corazón.

Visitó con frecuencia el Observatorio de Arecibo e igualmente el campus de Arecibo de la Universidad de Puerto Rico, ofreciendo en ambas localidades conferencias, talleres y sesiones telescópicas de observación. Poseía un reflector newtoniano clásico de 114 milímetros, como asimismo un reflector de 330 milímetros en montura Dobson, el cual llamaba la atención de grandes y chicos por igual siempre que se desplegaba durante actividades públicas, por su tamaño y brillante color rojo.



Víctor en la Academia Wesleyana mientras dirigía al cielo su enorme telescopio rojo. 11 de mayo de 2011 — Guaynabo, Puerto Rico. Crédito: © 2011 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

A lo largo de su vida Víctor realizaría un buen número de observaciones astronómicas, contándose entre estas varios eclipses, oposiciones planetarias, el tránsito de Mercurio de 2006, y especialmente los tránsitos de Venus de 2004 y de 2012. Disfrutaba también la observación de espacio profundo y sentía un interés especial por los cometas y las lluvias de meteoros. Entre sus aficiones, Víctor practicó la fotografía y fue un asiduo colaborador del movimiento escucha.

Más que todo, Víctor será recordado por su calidad humana. Su vocación por la astronomía iba a la par con su benevolencia. Imitando al insigne educador puertorriqueño Rafael Cordero Molina, a quien admiraba, puso su talento al servicio del pueblo. Después de diecisiete días de hospitalización falleció en Arecibo, el 10 de abril de 2015, a la edad de 50 años.

#### Apreciación

Tuve siempre en Víctor un amigo leal y verdadero. Consejero y confidente, me apoyó totalmente en las buenas y en las malas. Coincidíamos no solo en la afinidad por la astronomía, sino también en el deseo de divulgar el conocimiento. Esto explica la cantidad de veces que —junto a otros colegas de la SAPR — nos presentáramos ante la comunidad, a través de los años y por toda la isla.



El autor junto a Víctor, al terminar una conferencia de la SAPR. 17 de noviembre de 2010 — Bayamón, Puerto Rico. Crédito: © 2010 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

Atesoro el recuerdo de Víctor cada vez que desplegaba su enorme telescopio rojo ante una muchedumbre. Esto ocurrió de un modo especialmente memorable y frente a miles de personas durante el evento internacional denominado *Cien Horas de Astronomía* (abril de 2009) en el campo del Morro, en San Juan. Recuerdo también a Víctor apuntando su telescopio durante cuatro de las seis noches en que posteriormente retornamos al Morro. El itinerario fue el siguiente: 9 de abril de 2011 (ante 1,000 personas), 31 de marzo de 2012 (1,200 personas), 23 de marzo de 2013 (700 personas) y 15 de junio de 2013 (600 personas).

En dos ocasiones llevamos el *Día de la Astronomía* hasta el paseo tablado de la Guancha, en Ponce, el 7 de mayo de 2011 (frente a 180 personas) y el 28 de abril de 2012 (600 personas). Allí también instaló su telescopio, causando un gran furor. Lo mismo hicimos anualmente durante la *Noche Internacional de Observar la Luna*, en el Parque Luis Muñoz Rivera, en San Juan, el 8 de octubre de 2011 (ante 200 personas) y nuevamente el 22 de septiembre de 2012 (400 personas). El evento luego se trasladó al área recreativa Isla de Cabras, en Toa Baja, el 12 de octubre de 2013 (300 personas).

Durante varios años acudimos en nombre de la SAPR al *Festival del Tinglar* (2011 a 2014), a los eventos *Feria Agrópolis* y *EcoFeria* (2007, 2010, 2012 y 2014), al *Día Nacional de Salir al Aire Libre* (2008 y 2011) y a la *Exhibición del Avión Cazahuracanes* (2010 y 2011). Visitamos la reserva natural Punta Tuna, en Maunabo (2009 y 2013), donde comparecimos ante cientos de personas. Tampoco olvidaré la *Noche de Planetas y Estrellas* que realizamos en el campus de Bayamón de la Universidad de Puerto Rico aquel 25 de marzo de 2011. Frente a una eufórica audiencia de 250 personas Víctor ofreció una conferencia titulada *Observación de objetos astronómicos en la primavera*.



El autor junto con Víctor mientras representaban a la SAPR durante el 6.º Festival del Tinglar.

16 de abril de 2011 — Luquillo, Puerto Rico.

Crédito: © 2011 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

Soy testigo de cada uno de los hechos narrados en esta apreciación y puedo dar fe del profesionalismo que Víctor le imprimía a todo lo que hacía. Y no solo producía calidad, sino cantidad. Trabajaba de sol a sol, con auténtica pasión y no por obligación. Para él no existían los días feriados ni las vacaciones.

Víctor disponía de una personalidad ejemplar, y lo puedo afirmar con entera convicción. Fue un hombre integro y de buenos principios, un ser humano de quien nadie, jamás, tuvo la menor sospecha de índole moral. Poseía el don de la amabilidad y la cortesía, hasta el punto que las personas a quienes servía luego testimoniaban su regocijo por haberles atendido de manera tan afectuosa.

Su rasgo más llamativo era la humildad. Nunca presumía de lo que tenía ni envidiaba lo que pudiera faltarle. Fue siempre generoso, compartiendo sus amplios conocimientos y enciclopédica erudición sin esperar nada a cambio. Puedo asegurar que jamás lo vi sucumbir a la ira. De carácter alegre y bondadoso, consistentemente fue un ejemplo de cordialidad. Su hablar suave y pausado, tan cónsono con su forma de ser, fascinaba a todos.

Me has hecho falta, mi apreciado colega y amigo Víctor. Sé que has alcanzado la vida eterna, y confio algún día volver a verte y a saludarte. Agradezco el incondicional apoyo y colaboración que siempre me ofreciste, lo cual valió para llevar el pan de la enseñanza a miles de seres humanos. Nadie me habría ayudado mejor que tú. Fuiste luz durante tu estancia en este planeta y seguirás brillando desde el universo. ¡Hasta la próxima!

#### Agradecimiento

Agredezco encarecidamente a la periodista Michelle Kantrow, viuda de Víctor, quien aportó una parte de los datos señalados y proveyó también una de las fotografías que acompaña el texto. ¡Gracias!

## 22. Semblanza del astrónomo puertorriqueño Gregorio García

Por Armando Caussade, 30 de octubre de 2016. Revisado el 17 de febrero de 2020. Extracto del libro *Astronomía descriptiva* (2.ª edición), publicado el 30 de abril de 2020.

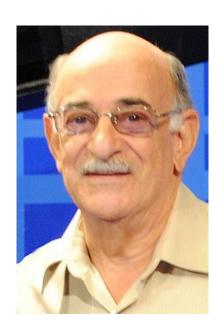
Dublicada inicialmente en otro libro de mi autoría, esta semblanza la he redactado para perpetuar la memoria del amigo, colega y mentor Gregorio García (1935–2016), con quien trabajé durante 31 años. Muchas veces le gratifiqué durante su vida, y ahora le reitero públicamente mi agradecimiento.

#### Semblanza

Gregorio E. García Morales nació en Puerto Rico el 1.º de febrero de 1935. De joven se trasladó con su madre al estado de Nueva York, pasando luego a residir en Pennsylvania y posteriormente en Delaware, lugar donde permanecería desde 1965 hasta 1981. A partir de entonces vivió en la isla.

Su interés por la astronomía surgió al momento en que su maestra de noveno grado, en el sistema público escolar de la ciudad de Nueva York, le prestó un libro sobre esta ciencia. La lectura de ese texto lo llevó a pasar noches completas a la intemperie mientras observaba el cielo, cada viernes y sábado, para aprender a identificar las constelaciones y las estrellas de primera magnitud. Pronto llegó a estrenar su primer telescopio, un refractor de 60 milímetros que fabricó él mismo aprovechando un tubo de linóleo, y que acopló luego a una montura acimutal que construyó durante un curso de carpintería.

Entre 1973 y 1980 laboró como técnico asociado del Observatorio Monte Cuba, institución adscrita a la Universidad de Delaware y localizada en la ciudad de Greenville. Allí empleaba un telescopio reflector Cassegrain clásico de 600 milímetros a f/15, así como un reflector newtoniano de 300 milímetros a f/8. Este observatorio era utilizado regularmente por la Sociedad Astronómica de Delaware, entidad a la que ingresó en 1969 y de la que fue vicepresidente durante varios años en la década siguiente.



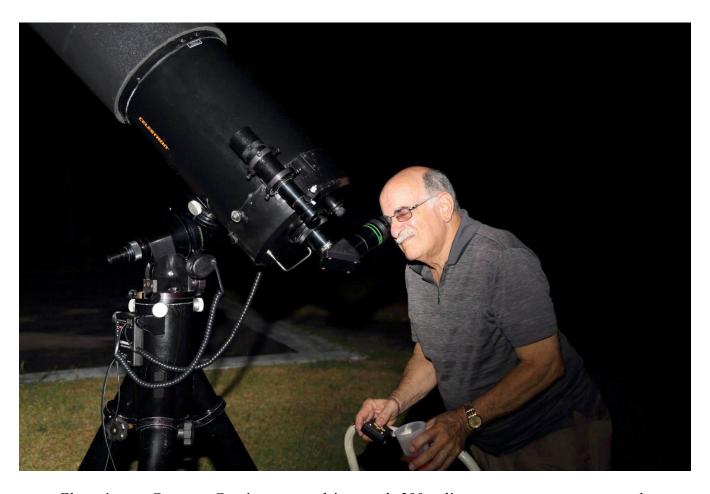
Gregorio en el año 2010. Crédito: Amanda García.

Añorando su tierra, regresó a Puerto Rico en 1981 y al encontrar que no existía en la isla una agrupación dedicada a la astronomía, se dio a la tarea de organizar lo que pronto sería la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR). En febrero de 1985 y en palabras de García, «me junté con Carlos F. González y con Joey Rivera, y acudimos en varias ocasiones a las clases de astronomía que ofrecía Daniel R. Altschuler en el Ateneo Puertorriqueño». Entre los tres inmediatamente forjaron vínculos con el observatorio de la Universidad de Puerto Rico–Humacao, llegando también a instalar una cabina de información en el centro comercial Plaza las Américas durante los días 24 y 25 de mayo de 1985.

Por voto unánime fue elegido presidente de la SAPR durante la asamblea inaugural celebrada en el Ateneo Puertorriqueño el 16 de julio de 1985. Ejerció el puesto hasta 1987, retomándolo luego en varias

ocasiones y obteniendo en 2013 el título de presidente emérito. Sobre todo, gestionó la afiliación de la SAPR ante *NASA Puerto Rico Space Grant Consortium*, trámite que se oficializó en octubre de 2002.

Poseía un reflector newtoniano de 114 milímetros y, en 1993, adquirió un telescopio catadióptrico de tipo Schmidt-Cassegrain de 280 milímetros que utilizó y atesoró por el resto de su vida. Se afincó en la municipalidad de Corozal junto con su esposa, Laura, jubilándose en 1995 como técnico de aviación de la Guardia Nacional Aérea de Puerto Rico, pues combinó la carrera militar con la astronomía.



El astrónomo Gregorio García y su catadióptrico de 280 milímetros en montura ecuatorial. Esta fotografia se hizo durante un evento público de divulgación astronómica. 25 de abril de 2014 — Morovis, Puerto Rico. Crédito: Morovis Community Health Center.

Su notable labor divulgativa fue matizada por un refinado sentido del humor que todos disfrutaban. Trabajó en el centro de visitantes del Observatorio de Arecibo y luego pasó a enseñar en la Universidad Ana G. Méndez, Recinto de Cupey (antigua Universidad Metropolitana). Aunque se carece de una bitácora, García debió ofrecer unas 500 conferencias públicas de las cuales este autor presenció unas 50, y con frecuencia compareció ante la radio, televisión y prensa escrita. Su impacto presencial, estimado en 150,000 personas, le convierte en uno de los principales divulgadores científicos de Puerto Rico.

Después de cuatro meses de enfermedad, falleció en Puerto Rico el 24 de septiembre de 2016. Tenía 81 años de edad, 67 de ellos dedicados a la astronomía y 31 a la SAPR.

## 23. Fundación y trayectoria de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico

Por Armando Caussade, 21 de agosto de 2010. Revisado el 16 de noviembre de 2014. Discurso publicado en la revista astronómica *El Observador*, septiembre de 2010.

Discurso pronunciado el 21 de agosto de 2010, en el Parque de las Ciencias Luis A. Ferré de la ciudad de Bayamón, con motivo del 25.º aniversario de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico. Incluye revisiones y añadiduras hechas en 2014.

Hoy vengo a hablarles sobre la fundación de la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR) en 1985 y sobre su trayectoria hasta el presente.

La idea de formar la SAPR surgió en 1985 debido al interés que había en Puerto Rico de organizar grupos para la observación del cometa Halley (1P/Halley), el cual se aproxima a nuestro planeta cada 75 años.

El proyecto nace en las mentes de Greg García (quien nos acompaña en la mesa presidencial), Carlos F. González y Joey Rivera, y en efecto constituía algo novedoso, ya que en nuestra isla nunca había existido una organización formal y permanente dedicada a la astronomía. Estos tres visionarios se reúnen por primera vez en enero de 1985, en la urbanización Montecarlo, en San Juan.

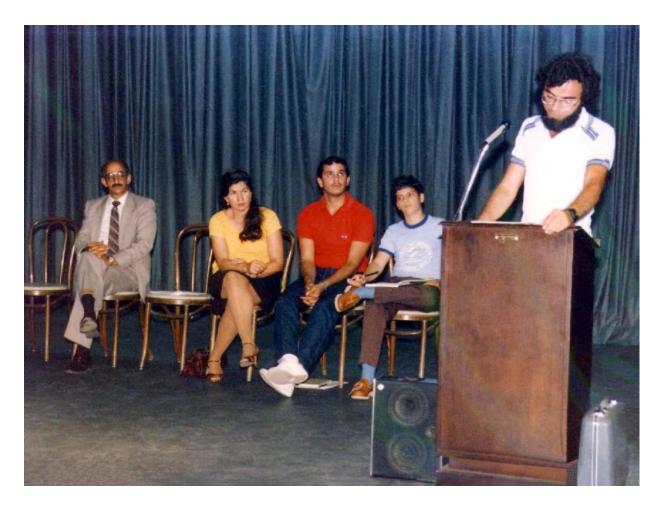
El 1.º de mayo de 1985 Greg García visitaba el Ateneo Puertorriqueño y subía a la tarima para anunciar la formación de la nueva *Sociedad*. El 22 de mayo la SAPR adquiere personalidad jurídica mediante incorporación en el Departamento de Estado de Puerto Rico. Posteriormente, los días 24 y 25 de mayo, la agrupación realiza una exhibición en el centro comercial Plaza las Américas, ocasión en que el orador se integra formalmente como socio.

La SAPR se convierte en un hecho el martes, 16 de julio de 1985, día en que se celebró la asamblea inaugural en el Ateneo Puertorriqueño, con la presencia de 41 socios fundadores. Entre los presentes aquella noche se encontraban Greg García (quien fue electo como primer presidente), Daniel R. Altschuler, Joey Rivera, Francisco Busó, Federico Plaja, Carlos F. González (nuestro primer secretario) con su padre Alfredo González y su madre Gloria Muñiz, Luis A. Maura (quien se desempeñó como tesorero por muchos años) y por supuesto, su presentador de hoy, Armando Caussade. La mayoría viven aún y permanecen como socios hasta el presente.

En septiembre de 1985 comienza la publicación de nuestra revista *El Observador*. La misma se ha emitido cada mes, de modo ininterrumpido, y cuenta hoy día con el auspicio de la NASA. Ese mismo mes comenzó nuestro programa mensual de conferencias públicas, mantenido igualmente de modo continuo.

El 15 de noviembre de 1985 se realiza la primera sesión de observación —un *star party*, en la jerga del astrónomo—, la cual tuvo lugar en el Observatorio de la Universidad de Puerto Rico en Humacao. Las inclemencias del tiempo apenas permitieron el disfrute de los cielos. Sin embargo, el 13 de diciembre regresamos al Observatorio donde disfrutamos cielos totalmente despejados. Junto a nuestro anfitrión, Rafael J. Müller, nos deleitamos observando el cometa Halley, así como diversos objetos de espacio profundo.

Los años han transcurrido y la SAPR se ha mantenido en vigor, ganando visibilidad pública y prestigio con el paso del tiempo, lo cual es motivo de gran satisfacción. Paso ahora a mencionar algunos eventos de importancia en la trayectoria de nuestra organización.



Discurso de Daniel R. Altschuler durante la asamblea inaugural de la SAPR, evento celebrado en el auditorio del Ateneo Puertorriqueño.

16 de julio de 1985 — San Juan, Puerto Rico.

Crédito: © 1985 Alfredo González. Reproducido con la debida autorización.

En 1986 la SAPR concretó su primera visita al Observatorio de Arecibo, y en 1988 se realizó la primera excursión al antiguo observatorio solar de la base aérea Ramey, en Aguadilla. En 1989 —y en alianza con otras organizaciones— participamos de los eventos conmemorativos del vigésimo aniversario de la llegada del ser humano en la Luna, organizados por el ingeniero Elio Delgado. Dichas actividades se realizaron aquí mismo, en el Parque de las Ciencias Luis A. Ferré, atrayendo una concurrencia que superó las 1,200 personas.

En 1992 y tras la visita a Puerto Rico del astrónomo Frank Drake la SAPR formalizó sus vínculos con el parque. De este modo obtuvimos acceso prioritario al planetario, que en adelante se utilizaría mensualmente como sede para conferencias públicas. Durante esos años se desarrolló entre los socios un gran interés por la observación de espacio profundo realizada con telescopios de gran abertura, e igualmente por la fotografía astronómica de galaxias y nebulosas.

En 1994 observamos a través de nuestros telescopios el impacto del cometa Shoemaker-Levy 9 (D/1993 F2) sobre la atmósfera del planeta Júpiter, el cual resultó visible hasta en telescopios de 75 milímetros. En 1996, observamos desde el sur de la isla el espectacular cometa Hyakutake (C/1996 B2) —que exhibía a simple vista una cola de 20°— y en 1997 disfrutamos de otro impresionante cuerpo celeste que apareció en los cielos: el cometa Hale-Bopp (C/1995 O1).

Por esa época se incorporaron algunas personas que en años posteriores se convertirían en pilares de nuestra agrupación, tales como Joaquín García de la Noceda (hijo), Michelle Kantrow, Víctor Román Cordero y Joaquín Pérez Bonome. La matrícula entonces alcanzaba las 120 personas.

En 1998 la SAPR observó el famoso eclipse total solar del 26 de febrero, que fue uno de los más largos y notables en todo el siglo XX. Con este propósito se organizaron tres excursiones al extranjero, una con destino a Antigua y Barbuda (compuesta de treinta personas), otra a Aruba (compuesta de ocho personas) y otra a Curazao (compuesta de cuatro personas, incluyendo al orador).

En 1999 se realiza en la reserva natural Hacienda La Esperanza —en Manatí— el primer maratón Messier, el cual consiste en la observación de 110 objetos de espacio profundo en una sola noche, comenzando al atardecer y concluyendo al amanecer. Posteriormente, en 2002, la SAPR estrechó su relación con la NASA, a través de la afiliación por conducto del Puerto Rico Space Grant Consortium. Esta colaboración ha facilitado la obtención de fondos que se han utilizado para ampliar tanto la tirada como la calidad de *El Observador*.

La última década ha sido especialmente significativa para nuestra organización, dado la cantidad de eventos que hemos realizado con el propósito manifiesto de divulgar la ciencia, y en particular, la astronomía. Ejemplo de esto fue la concurrida exhibición llevada a cabo en el centro comercial Plaza del Sol, en abril de 1999, la cual nos valió el premio *Sky & Telescope Astronomy Day Award* para ese año. Más aún, lo fue la presentación que realizamos en 2003 con el físico puertorriqueño Enectalí Figueroa, a la que se dieron cita unas 1,200 personas.

En 2004 organizamos una conferencia con el también puertoriqueño, Orlando Figueroa, que en aquel entonces fungía como director del programa de Marte para la NASA. La audiencia se estimó en varios centenares. Ese mismo año tuvimos la oportunidad de observar y retratar el tránsito de Venus sobre el Sol, así como un hermoso eclipse total de la Luna (ocurrido el 27 de octubre) el cual se observó plenamente desde Puerto Rico y con excelentes condiciones del tiempo.

En 2005 y con motivo de la aproximación del planeta Marte se realizó —aquí mismo, en el Parque de las Ciencias— una exitosa sesión de observación durante la cual se desplegaron quince telescopios y se contabilizaron unas 400 personas. En 2006 recibimos la visita de George V. Coyne, sacerdote jesuita y astrónomo, entonces director del Observatorio del Vaticano. El padre Coyne disertó sobre la determinación de la edad del universo ante un grupo de casi 200 personas.

En el año 2008, y durante una ceremonia formal, la Academia de Artes y Ciencias de Puerto Rico galardonó el trabajo de varios socios de larga trayectoria.

Para concluir, durante el pasado año 2009 la SAPR se integró a la celebración del *Año Internacional de la Astronomía*. Dicha jornada fue muy fructífera aquí en Puerto Rico, destacándose especialmente la actividad denominada 100 horas de astronomía, realizada junto a otras organizaciones en el campo del Morro —en San Juan— y durante la cual se estimó una concurrencia de más de 2,000 personas.



Discurso de Daniel R. Altschuler durante la celebración del 25.º aniversario de la SAPR, evento celebrado en el salón Huerto Casero del Parque de las Ciencias Luis A. Ferré.

21 de agosto de 2010 — Bayamón, Puerto Rico.

Crédito: © 2010 Víctor Román Cordero. Reproducido con la debida autorización.

Son muchos los gratos recuerdos, pero más significativo aún resulta la satisfacción de poder lograr un impacto positivo ante la comunidad por medio de eventos públicos como éste.

Gracias a todos por su visita y por su patrocinio de esta noble organización.

# 24. Astronomía puertorriqueña: apuntes para su historia

Por Armando Caussade. Redactado en cinco partes con una bibliografía, entre los años 2012 y 2020. Tres de estas cinco partes fueron artículos originales para la revista astronómica *El Observador*.

Dos aclaraciones deseo hacer: en primer lugar, que he elaborado esta sinopsis partiendo en gran medida de información secundaria, ya publicada y citada dentro de la historiografía, con pequeñas excepciones que quizás pudieran considerarse como investigación original y que detallaré en párrafos siguientes; y en segundo lugar, que estos apuntes no tienen pretensión de exhaustividad y que podría haber omisiones inadvertidas. En otras palabras, mi intención ha sido la de recopilar, más que investigar, reuniendo la información que de manera fragmentada ha llegado hasta mis manos, con tal de proveerle un bosquejo a mis alumnos que ocasionalmente me han preguntado sobre estos temas.

La historia de la astronomía puertorriqueña constituye una disciplina incipiente, con escasas referencias bibliográficas que se hallan muy dispersas en la historiografía. Además de algunas fuentes primarias, he consultado ampliamente las investigaciones del ingeniero e historiador Sebastián Robiou Lamarche, un pionero de esta materia que estuvo vinculado a la Sociedad de Astronomía de Puerto Rico. La bibliografía completa que utilicé la he puesto al final, incluyendo hasta las menores fuentes impresas, aunque excluyendo conversaciones y hechos presenciales que usé para redactar la historia reciente.

Entre las excepciones antes indicadas estaría el hallazgo, vía Internet, de la *Memoria Quarta* (1809), que contiene observaciones estelares practicadas en julio de 1793 por el capitán Churruca —aparte de la ocultación de *Aldebaran*— y que hasta ahora no había visto citadas en la literatura secundaria. Otra pudiera ser el hallazgo, en versiones digitales, los textos escolares de Janer y Soler (1893, 1890) y de Martínez Quintero (1897), publicados en Puerto Rico durante el período español y que no me constan en citas. Encontré igualmente el libro de Monti (1883) sobre el tránsito de Venus ocurrido en 1882, poco citado que ofrece detalles sobre la comisión española que viajó a Puerto Rico para presenciarlo.

También puedo mencionar el hallazgo de varias noticias sobre astronomía, que nunca había visto comentadas en la literatura secundaria, al consultar los archivos digitales del periódico *La Gaceta de Puerto Rico*, que se publicó en la isla durante el siglo XIX. Buscando en Internet encontré apuntes de la educadora puertorriqueña Ana Roqué de Duprey, que hacen referencia a sus trabajos sobre astronomía. Igualmente, hallé una fuente primaria que atestigua la observación de intensas auroras sobre los cielos de Puerto Rico en 1921, además de varias otras fuentes secundarias con reconocida autoridad.

#### 1. La astronomía en la cultura taína

Diciembre de 2014 y mayo de 2015. Revisado el 31 de marzo de 2020. Artículo original para la revista "El Observador", julio de 2015.

La cultura taína oriental (o clásica), que pobló la isla de Puerto Rico a partir del año 1000, alcanzó un desarrollo social y científico muy notable. Al igual que hacían los demás pueblos prehispánicos, que observaban con asiduidad los ciclos celestes, los taínos llegaron a conocer muy bien el ciclo de las fases lunares que tarda 29 días y medio, así como el desplazamiento aparente de este astro a través del zodíaco astronómico. El paso del tiempo se medía mediante "lunas", y aunque no existen evidencias concretas, parece muy razonable pensar que hubiesen llegado a elaborar algún tipo de calendario lunar.

A lo largo de la franja zodiacal observaron también el movimiento del planeta Venus, presumiblemente denominado *Guajayona* en su aspecto vespertino y *Albeborael Guajayona* en su aspecto matutino, según datos fragmentarios. Guajayona constituye un personaje clave en la mitología taína y ha sido considerado por algunos como el primer *bohíque*, o médico-sacerdote. No se puede excluir la observación de los demás planetas, aunque al presente se carece de evidencia directa que lo acredite.

La cosmología taína planteaba un universo formado por tres partes: en el medio, una Tierra plana y circular (un disco) que constituye el mundo de los vivos; por encima, la bóveda celeste (denominada *turey*) donde residían los astros; y por debajo, un inframundo dominado por el agua. En esencia, era el mismo esquema aceptado por los demás pueblos del Caribe prehispánico, aunque al igual que en la mayoría de las culturas antiguas, la cosmología se estudiaba como disciplina separada de la astronomía.



Batey principal en el Centro Ceremonial Indígena de Caguana, en Utuado, Puerto Rico. Crédito: Giancarlo Montero (i.e., Monti 102), Wikimedia Commons GNU-1.2, CC-BY-3.0.

En la civilización taína, a la Luna (*Caraya*) se le relacionaba con el agua y los períodos lluviosos, y era simbolizada por la figura del bohíque. Al Sol (*Güey*) se le vinculaba con los períodos secos, y era representado por el *cacique* o jefe de la comunidad. Dos veces al año (en mayo y en julio) se veía el Sol de mediodía pasar por el cénit, eventos a los cuales los taínos les conferían una importancia especial.

Los taínos comprendían plenamente el recorrido diurno de las estrellas sobre la esfera celeste y determinaron con gran exactitud el eje de este movimiento. La estrella polar —que a la llegada de

Colón en 1492 se encontraba a 5° del polo verdadero— fue consistentemente utilizada como referencia en la navegación. Particularmente, se han encontrado alineaciones de los *bateyes*, o plazas ceremoniales, que miran hacia el norte y los demás puntos cardinales. El autor de este libro ha presenciado, por ejemplo, la alineación con el polo norte celeste en la mayor hilera de monolitos —la que está inscrita con petroglifos— en el batey principal del Centro Ceremonial Indígena en Caguana (Utuado, Puerto Rico). Dicha orientación es muy exacta y no se aparta más de un grado de arco.

En las islas Bahamas el estudio de los bateyes construidos por la cultura de los taínos occidentales también ha revelado alineaciones hacia los solsticios, y probablemente hacia ciertas estrellas. Estas alineaciones de los solsticios demuestran que el conocimiento del zodíaco fue muy avanzado y que las observaciones astronómicas se realizaron minuciosamente y durante largos períodos de tiempo. Se ha evidenciado, además, que la cultura iñeri o pretaína de las Antillas utilizaba las alineaciones astronómicas en sus bateyes, según las investigaciones realizadas en Tibes (Ponce, Puerto Rico).

El cúmulo estelar de las Pléyades parece haber sido la constelación más significativa para los taínos, y con gran probabilidad constituyó la base de un proto-calendario destinado a la agricultura. Su salida helíaca hacia el mes de mayo señalaba el comienzo del período agrícola, y la apertura de un nuevo ciclo anual. Este ciclo de las Pléyades ha podido documentarse con gran rigor en otros pueblos con quienes los taínos estaban emparentados, como los actuales *arawak* (o arahuacos) de América del Sur y los antiguos caribes que habitaban en las Antillas Menores.

De otra parte, la salida helíaca de la constelación *Ursa Major* hacia el mes de agosto se relacionaba con la temporada de huracanes, y presumiblemente pudo formar la base de un proto-calendario empleado en la navegación, pues agosto y septiembre son los meses de mayor frecuencia e intensidad en los ciclones del mar Caribe. Por esta razón *Ursa Major* era denominada por los mayas como *Hurakán*, apelativo similar en grafía y significado a la palabra taína *Juracán*.

La constelación *Orion* revestía también una gran importancia para los taínos. La aparición de este grupo estelar en el cielo vespertino de diciembre señalaba el comienzo del período seco, mientras que su desaparición en mayo coincidía con el inicio de las lluvias. Un mito de los taínos asocia a *Orion* con *Anacacuya*, el cacique primordial, que ascendió a los cielos después de su asesinato en la isla de la Española a manos del legendario Guajayona. Otras interpretaciones de este mito relacionan a Anacacuya con la estrella polar y con *Ursa Major*.

Los taínos estaban también familiarizados con la Vía Láctea y utilizaron las regiones opacas del plano galáctico, que pueden verse con claridad a simple vista, para formar las denominadas *constelaciones oscuras*. Lo mismo hicieron otros pueblos del trópico, donde la Galaxia alcanza su mayor visibilidad, notablemente los incas y los aborígenes australianos.

En el año 2000 la Unión Astronómica Internacional (IAU) nombró en el planeta Venus el cráter *Nanichi*, denominación que en lengua taína significa "mi querido". Ya anteriormente se había nombrado una región en Mercurio como *Arecibo Vallis* (el valle de Arecibo), que sería rebautizada en 2013 como *Arecibo Catena* (la cadena de Arecibo). Esta designación reconoce al Observatorio de Arecibo, cuyo nombre deriva del cacique *Arasibo* que gobernó en dicha región a principios del siglo XVI.

Bajo la iniciativa NameExoWorlds que se lanzó en 2019 para nombrar estrellas y exoplanetas, la IAU denominó la estrella HIP 12961 como *Koeia*, palabra que significa "estrella" en lengua taína, y un exoplaneta asociado a aquella como *Aumatex*, la deidad de los vientos en la mitología taína.

#### 2. La astronomía en Puerto Rico durante los siglos XVI al XVIII

Junio de 2015. Revisado el 10 de noviembre de 2019. Artículo original para la revista "El Observador", agosto de 2015.

La astronomía era una de las cuatro asignaturas que componían el *quadrivium*, esquema fundamental de la instrucción dentro de la Orden de Predicadores (u Orden de los Dominicos) cuya presencia en Puerto Rico está bien constatada desde los inicios de la colonización. En 1522 se comenzó a erigir en la isleta de San Juan el Convento de los Dominicos, inaugurándose allí en 1529 una escuela secundaria donde presumiblemente se impartía la astronomía como parte del currículo. Este edificio, uno de los primeros levantados en la isla, está ocupado hoy día por la galería de arte del Instituto de Cultura Puertorriqueña.

A partir de 1532 y como anexo del Convento, construyeron los dominicos la Iglesia de Santo Tomás de Aquino (actual Iglesia de San José) que se diseñó de acuerdo al estilo gótico, y cuyo eje central está orientado por el este hacia el solsticio de verano y por el oeste hacia el solsticio de invierno. Era entonces común que los templos católicos incorporaran alineaciones astronómicas.

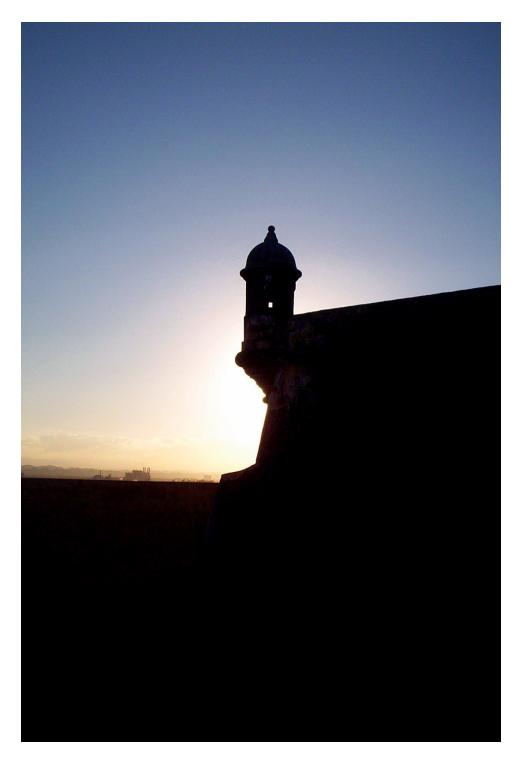
Se sabe que Juan Ponce de León II (1524–1591) —nieto del primer gobernador que rigió en Puerto Rico y quien llevó el mismo nombre— observó el eclipse total lunar ocurrido durante la noche del 15 al 16 de julio de 1581, realizando un dibujo cuyo original se conserva hoy día. Esta investigación, realizada desde el Convento de los Dominicos y cuyo propósito fue el de determinar la longitud geográfica de la capital, pudiera haber sido el primer proyecto científico realizado en la isla.

En octubre de 1582 el papa Gregorio XIII implementó la reforma del calendario, fundamentada en el trabajo de los astrónomos Lilius y Clavius, así como del matemático español Pedro Chacón. Empero, la distancia al Nuevo Mundo obligó a las territorios españoles a posponer la reforma hasta octubre de 1583, exactamente un año después de su aplicación en los países católicos de Europa.

A mediados del siglo XVII se instaló en la torre austral de la Fortaleza —residencia inmemorial de gobernadores— un reloj de Sol que todavía existe y que fue restaurado en 1982. En 1645 y tras su reconstrucción luego del ataque holandés de 1625, el Convento de los Dominicos se convirtió en *estudio general y noviciado*. Estas eran instituciones propias de la Orden de Predicadores, con bastante importancia académica, que sin ser universidades se les asemejaban en ciertos aspectos.

Aun fuera de las instituciones dominicas, la enseñanza permanecía cimentada en las tradiciones escolásticas medievales, situación que prevalecería en España y sus territorios por lo menos hasta mediados del siglo XVIII. Sin embargo, la astronomía impartida en la isla como parte del quadrivium que aún imperaba en la casi totalidad de las escuelas, no pasaría de algunas simples nociones. Sobre la educación puertorriqueña pesaban dos graves limitaciones que tardarían siglos en superarse: la imprenta no llegaría a Puerto Rico hasta 1806, y la primera universidad no se establecería sino hasta 1903.

El 23 de abril de 1781 se produjo un eclipse anular del Sol en la región occidental de Puerto Rico, el único de tipo central que haya tocado la isla en 500 años de historia escrita. El anillo solar se habría observado al oeste de una línea trazada entre las ciudades de Arecibo y Mayagüez (en Aguadilla, por ejemplo, la etapa anular habría comenzado a las 2:09 pm y se prolongaría por 3 minutos y 22 segundos). De hecho, consta que el teniente de navío Luis de Arguedas y Bruguieros zarpó de Cádiz hacia la isla de La Española con la finalidad de observar el eclipse —cuyo estudio insistentemente habían solicitado los científicos europeos— aunque se desconoce si alguien llegó a presenciarlo desde Puerto Rico.



Atardecer en el castillo San Felipe del Morro, frente a la bahía de San Juan. 30 de enero de 2007, a las 5:42 pm — San Juan, Puerto Rico. Crédito: © 2007 Armando Caussade. Reservados todos los derechos.

En este lugar se obtuvo la primera medición exacta de la longitud de San Juan, realizada por el capitán de fragata Cosme Damián de Churruca y Elorza (1761–1805) mediante observaciones astronómicas la noche del 21 al 22 de octubre de 1793, mientras observaba una ocultación de la estrella Aldebaran por la Luna.

La primera medición exacta de la longitud de la ciudad de San Juan la obtuvo en 1793 Cosme Damián de Churruca y Elorza (1761–1805), quien dirigió una expedición naval española destinada a realizar mediciones geográficas precisas y a levantar mapas de la cuenca del Caribe, y quien también estaba vinculado con el Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando (provincia de Cádiz), primer observatorio nacional establecido en territorio español, abierto en 1753. El capitán Churruca observó, desde el castillo San Felipe del Morro, en San Juan, una ocultación rasante de la estrella *Aldebaran* por la Luna, que ocurrió a medianoche entre el 21 al 22 de octubre de 1793. No hay constancia de que Churruca se hubiera valido del telescopio, aunque se conoce que utilizó un octante.

Durante las noches del 26, 27 y 28 de julio de 1793 Churruca también había observado unas cuatro estrellas (primeras observaciones documentadas en Puerto Rico desde el siglo XVI), empleando un cuadrante para medir la altura de éstas en el meridiano y conseguir valores muy precisos para la latitud de San Juan. Las estrellas fueron las siguientes: *Antares*, δ Draconis, γ Capricorni y α Cephei. Dichas medidas incluyeron correcciones minuciosas para refracción atmosférica, precesión, aberración anual de la luz y nutación, y cabe mencionar que el descubrimiento de la aberración y la nutación por el británico James Bradley (1693–1762) mejoró notablemente la astronomía de posición.

Debido a la importancia que para España tenía la navegación, su interés por la astronomía llegó por vía de la *cosmografia*, disciplina basada en la astronomía posicional y enfocada en medir la posición de los astros, con el objeto de determinar las coordenadas geográficas de algún punto en la Tierra. Sin lugar a dudas, dicha especialidad —que se conoció también como *geografía astronómica*— aportó grandemente a la supremacía naval española. Pero ese mismo conocimiento cosmográfico que garantizaba el dominio de los mares se guardaba como secreto de estado, y no sería sino hasta la caída del antiguo régimen a principios del siglo XIX que la cosmografía española se empezaría a enseñar abierta y públicamente.

El énfasis en el trabajo cosmográfico implicó también que la mecánica celeste (durante el siglo XVIII) y luego la astrofísica (en el siglo XIX) sufrieran en España un notable atraso respecto a otras naciones.

Igualmente, el geocentrismo se arraigó por muy largo tiempo. A pesar del levantamiento de la prohibición eclesiástica en 1758, quedaron múltiples restricciones y prejuicios, el heliocentrismo de Copérnico y la filosofía natural de Newton se siguieron cuestionando en todo el mundo hispánico hasta principios del siglo XIX. Por lo tanto, es de suponer que las lecciones de astronomía impartidas en Puerto Rico con anterioridad al año 1800 habrían sido casi exclusivamente de carácter geocéntrico.

#### 3. El padre Rufo y la astronomía en Puerto Rico durante el siglo XIX

Mayo de 2012 y mayo de 2015. Revisado el 31 de marzo de 2020. Artículo original para la revista "El Observador", septiembre de 2015.

El primero que enseñó astronomía heliocéntrica en Puerto Rico fue, con gran probabilidad, Rufo Manuel Fernández Carballido (1790–1855), sacerdote católico de origen gallego, recordado hoy día como el "padre Rufo" y considerado pionero de la educación científica puertorriqueña. Llegado a la isla en 1832, impartió cursos de física y de química bajo el patrocinio de la Sociedad Económica Amigos del pais y del Seminario Conciliar de San Ildefonso, localizado este último en la calle del Cristo de la ciudad de San Juan y cuyo edificio hoy ocupa el Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y el Caribe.

No solamente trajo noticia a la isla de los descubrimientos de Galileo y de Newton, que probablemente nunca se habían enseñado, sino que el padre Rufo —hombre de mente abierta e ideas reformadoras, lo

cual le había costado un año de prisión en España— introdujo una docencia innovadora, basada más en el pensamiento crítico que en la memorización. Uno de sus mayores logros sería, en 1834, la instalación del primer laboratorio de ciencias naturales que existió en Puerto Rico, que lamentablemente no fue visto con buenos ojos por las autoridades y que pronto se vería precisado a desmantelar.

Junto a las cátedras de física y de química, inauguradas por el padre Rufo y ofrecidas a nivel secundario, el Seminario abrió también otros cursos en disciplinas relacionadas, como la aritmética, la geometría y la cosmografía; pero lo más productivo de todo este proceso académico sería el hecho que se consiguiera de la monarquía española, en 1851, la aprobación de dichas asignaturas y especialmente la equivalencia con el bachillerato español de la época. Para todos efectos, el Seminario se convirtió en el principal centro docente de Puerto Rico, considerando que aún no existían universidades en la isla.

Entre los alumnos más sobresalientes del padre Rufo se encontraba Román Baldorioty de Castro (1822–1889), quien se destacaría luego como fundador y líder máximo del Partido Autonomista Puertorriqueño. Becado en 1846, se matriculó en la Universidad Complutense de Madrid donde cinco años más tarde obtendría una licenciatura en ciencias físico-matemáticas. A su paso por Cádiz, en junio de 1846, Baldorioty visitó el Real Instituto y Observatorio de la Armada —principal observatorio español de la época—, conociendo allí al astrónomo Saturnino Montojo y Díaz (1796–1856) quien había alcanzado cierta notoriedad como traductor de los libros de John Herschel (1792–1871).

Junto a Baldorioty y bajo la tutela del padre Rufo, estudiaron también José Julián Acosta Calbo (1825–1891) y Alejandro Tapia y Rivera (1826–1886) —todos egresados de la escuela primaria del maestro Rafael Cordero Molina (1790–1868), considerado por muchos como el padre de la educación pública puertorriqueña— como asimismo Manuel Antonio Alonso Pacheco (1822–1889). Acosta embarcó a España junto a Baldorioty, e igualmente en 1851 obtuvo su grado en ciencias físico-matemáticas. Por su parte, Alonso partió a estudiar medicina en Barcelona, mientras que Tapia, aunque imposibilitado de ingresar a la universidad por causa de sus problemas políticos, continuaría aprendiendo sobre física y química, convirtiéndose luego en un eminente literato y astrónomo aficionado.

En 1853 Baldorioty retornó a Puerto Rico para desempeñarse como instructor de secundaria, enseñando botánica y náutica, y presumiblemente cosmografía o astronomía, debido a la relación que en aquel tiempo prevalecía entre estas disciplinas. Junto a él regresó su amigo Acosta, quien también empezó a impartir cátedras sobre botánica y náutica. En España, hasta mediados del siglo XIX, y también en Puerto Rico, hasta el cambio de soberanía en 1898, era la norma que la astronomía se insertara dentro de las matemáticas, la geografía y la náutica, y que se enseñara juntamente con estas asignaturas.

El periódico *La Gaceta*, primero de la isla y establecido en 1806, aportó a la divulgación de la astronomía a través de sus frecuentes artículos. Por ejemplo, el 20 de junio de 1837 se publicó una nota titulada "Descubrimientos en la Luna", mientras que el 6 de febrero de 1847 se anunciaba el descubrimiento del nuevo planeta Neptuno por Le Verrier y Galle. En 1855 apareció bajo el título de "Reseña de filosofía astronómica" una serie de cinco extensos artículos que se extendería desde el 22 de septiembre hasta el 2 de octubre, y que incluyó temas tales como el sistema de Copérnico, las leyes de Kepler, Newton, y la astronomía sideral. Posteriormente, el 17 de marzo de 1859, se reseñó la aparición del cometa Donati (C/1858 L1) que resultaría el más brillante y notable de todo el siglo XIX.

El 1.º de septiembre de 1859 ocurrió el llamado *evento Carrington*, que consistió en una eyección de masa coronaria que arrancó material en el Sol, y que alcanzando nuestro planeta provocó el mayor despliegue de auroras polares registrado en la historia. Durante la noche del 1.º al 2 de septiembre se

observó la aurora desde la casi totalidad del globo terráqueo, incluyendo Puerto Rico donde ésta llegaría a elevarse hasta el mismo cénit. De hecho, la interrupción en las comunicaciones telegráficas provocada por el evento Carrington y que afectó al planeta entero, fue reportada el 13 de octubre de 1859 en el periódico *La Gaceta*. Pero no fue aquel el único avistamiento documentado de las aurora polares, pues el 4 de febrero de 1872 se registraría otra intensa aurora que fue vista desde una embarcación cercana a Puerto Rico, mientras que la madrugada del 15 de mayo de 1921 se reportaría en San Juan aun otra observación de la aurora. Para detalles, refiérase a la bibliografía que aparece al final de estos artículos.

#### VARIEDADES.

#### Astrònomía.

Hemos referido por menor el descubrimiento de un nuevo planeta, cuya existencia estableció Mr. Leverrier à foerza de cálculo, determinando al mismo tiempo la masa del nuevo cuerpo celeste, qui distancia del sol, el tiempo de su revolucion, su tonjitud en época determinada, hasta el resplandor con que debia brillar en vista del diàmetro aparente que atendidos los demas datos no podia menos de presentar.

Mr. Leverrier dio cuenta á Mr. Galle, astrónomo aleman, del asombroso resultado que un cálculo sublime le acababa de dar, invitándole á que procurase confirmarlo con sus observaciones. Mr. Galle consiguió ver el nuevo planeta, y contestó á Mr. Leverrier en los términos siguientes:

Berlin 25 de Setiembre.-"Existe realmente et planeta ouya posicion me indicasteis.

El mismo dia en que recibí vuestra comunicacion descubrí una estrella de 8º magnitud, no comprendida en la excelente carta celeste del Dr. Bremiker que forma parte de la coleccion publicada por esta Real academia. La observacion del dia siguiente me convenció de que la consabida estrella es el planeta que se buscaba. Habiéndolo examinado despacio Mr. Encke y yo con el gran telescopio de Fraunhofer lo hemos comparado à una estrella de 9º magnitud."

Esta concordancia entre la observacion y el calculo presta à la existencia del nuevo planeta todos los caracteres de rigorosa evidencia que las ciencias exactas requieren; y es tanto mas admirable, cuanto que el cálculo ha precedido à la observacion del hacho.

Parece que Mr. Galle se inclinaba á que el nuevo planeta se denominase Jano, como colocado que está en los últimos confines de nuestro sistema solar; pero Mr. Leverrier creyó que está denominacion sobrado significativa afectaba prevenir los nuevos descubrimientos que en lo sucesivo puedan hacerse de otros planetas mas remotos. Juzgó pues mas conveniente llamarlo Neptuno, y como nadie puede disputar à Mr. Leverrier el derecho de dar nombre al astro que descubrió, no dudamos de que esta denominacion hallará buena acojida entre todos los astrónomos de la època.

Artículo sobre el descubrimiento del planeta Neptuno publicado el 6 de febrero de 1847 en las páginas 1 y 2 del periódico puertorriqueño "La Gaceta". Crédito: Imagen en dominio público.

En dos ocasiones visitó Puerto Rico Benito Viñes Martorell (1837–1893), sacerdote jesuita que hizo estudios pioneros sobre los ciclones tropicales, entonces director del observatorio del Real Colegio de Belén, en La Habana. La primera visita, en 1877, tenía una finalidad puramente meteorológica, mientras que la segunda, en 1882, estuvo relacionada con la instalación en Santurce de un laboratorio meteorológico por la propia Compañía de Jesús, donde también se instalaría un pequeño telescopio, concluyendo el proyecto apenas cuatro años después, tras la salida de la isla en 1886 por los jesuitas.

De otra parte, durante su segunda estadía en la República Dominicana —entre 1879 y 1888— el polímata puertorriqueño Eugenio María de Hostos (1839–1903) dictó cátedras para formación de maestros, de cuyos apuntes se publicó una obra titulada *Lecciones de astronomía*.

Uno de los primeros libros publicados en la isla y que llegara a incluir algún contenido apreciable sobre astronomía fue un texto escolar titulado *Elementos de cosmografia y geografia particular de la isla de Puerto Rico*, redactado por el insigne educador puertorriqueño Felipe Janer y Soler (1855–1929). De esta obra se hicieron al menos en dos ediciones, de 1883 y 1890, incluyéndose en ellas un bosquejo de quince páginas donde se resumía el conocimiento astronómico de la época.

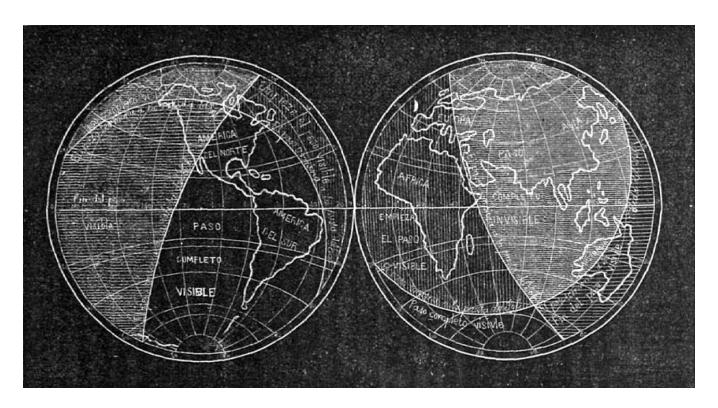
Otro texto escolar, escrito por el abogado puertorriqueño José E. Martínez Quintero, apareció en 1897 bajo el título *Apuntes para facilitar el estudio de la geografia*. La obra resulta bastante abarcadora pues le dedica a la astronomía unas sesenta y cuatro páginas —mas otras veinticuatro de apéndices— y en sus discusiones sobre el Sol y las estrellas ofrece algunas nociones de astrofísica, probablemente las primeras que se habrían enseñado en Puerto Rico.

#### 4. El tránsito de Venus en 1882 y Ana Roqué de Duprey

Junio de 2017. Revisado el 10 de noviembre de 2019. Material inédito para la 4.ª edición de este libro, publicada el 21 de junio de 2017.

Para el tránsito del planeta Venus ocurrido el 6 de diciembre de 1882 el gobierno español envió a Puerto Rico una importante comisión científica pertrechada con un telescopio de 152 milímetros, entre varios, constituyendo el más importante proyecto científico (en cuanto a ciencia pura, no aplicada) emprendido en la isla por España. Aunque en teoría el tránsito resultaba parcialmente visible desde la península, en Puerto Rico y en Cuba sería posible presenciar las siete horas que duraría el evento, y por consiguiente los cuatro momentos de contacto. Era una oportunidad científica que España no deseaba perder.

Las observaciones del tránsito fueron planificadas y dirigidas por el capitán de navío y astrónomo Cecilio Pujazón y García (1833–1891), entonces director del Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando, provincia de Cádiz. Las comisiones que visitaron Puerto Rico y Cuba en 1882, y que se empezaron a instalar en las islas desde meses antes que se registrara el tránsito, fueron constituidas por oficiales navales más que por astrónomos académicos, pues todavía la astronomía española —y particularmente la practicada en San Fernando— seguía fuertemente vinculada a la náutica.



'Carta del próximo paso de Venus, y lugares de la Tierra donde será visible el fenómeno'. Reproducido de la página 105 de J. G. Monti (1883), "El último tránsito de Venus por el disco del Sol en el siglo XIX". Crédito: Imagen en dominio público.

El interés de España por estudiar este tránsito planetario surge dentro de un amplio marco internacional de cooperación científica. Tanto Pujazón como su colega Tomás de Azcárate y Menéndez (1849–1921), un futuro contralmirante y eventual director del Observatorio de la Armada, habían participado en el congreso astronómico de 1881 celebrado en París, donde catorce naciones se distribuyeron entre ellas

las responsabilidades científicas para el estudio del tránsito; allí ambos manifestaron el compromiso del gobierno español con el proyecto, que luego procedería a autorizar un presupuesto de 20,000 pesetas. En declaraciones del capitán Pujazón, era deseable para él contribuir «a que nuestra patria no apareciese en esta ocasión indiferente al progreso de la ciencia y aislada del concierto científico del mundo».

A Puerto Rico se trajeron tres telescopios de tipo refractor procedentes de San Fernando, apoyados en montura ecuatorial y equipados con prisma de Herschel para observación solar, instalándose todos ellos en el antiguo arsenal de la Marina (hoy día, sector La Puntilla) en San Juan. Los lentes objetivos eran un Cooke de 152 milímetros (británico), un Secrétan de 102 milímetros (francés) y un Troughton & Simms de 90 milímetros (británico), y en palabras del capitán Pujazón la finalidad de los trabajos sería «obtener la mejor determinación posible de los momentos de los contactos, y especialmente de los internos».

Como en muchos otros lugares del mundo, en Puerto Rico este tránsito de Venus generó un cierto interés público, y los relatos de la época aportan las primeras evidencias fiables sobre observaciones realizadas por astrónomos aficionados. Afirmaba la aguadillana Ana Roqué de Duprey (1853–1933), educadora y sufragista, que por aquella época logró hacerse de un pequeño telescopio (probablemente un catalejo de entre 40 y 60 milímetros de abertura) con el cual realizaría diversas observaciones astronómicas.

Roqué de Duprey recibió su primera instrucción en las ciencias del médico y naturalista Agustín Stahl (1842–1917), a quien se considera unánimente como el pionero de la investigación científica en Puerto Rico. Al igual que Roqué de Duprey, Stahl también era natural de la ciudad de Aguadilla.

Por su propio testimonio, se conoce que Roqué de Duprey observó el tránsito de 1882 desde la azotea de su residencia, acompañada de otros astrónomos aficionados como Manuel Corchado y Juarbe (1840–1884), periodista y escritor. El tránsito se prolongó durante 6 horas y 18 minutos. Consta también que al día siguiente visitó el arsenal de la Marina para reunirse con los astrónomos de la comisión, llegando a comparar sus mediciones de los tiempos de contacto con las obtenidas por Pujazón. A todo esto, ella añade que ese mismo año divisó un gran número de manchas solares, y que observó el gran cometa de 1882 (C/1882 R1), que apareció en septiembre de dicho año y que ella describía como gigantesco.

Roqué de Duprey dio a conocer su trabajo fuera de la isla, llegando a intercambiar correspondencia con el astrónomo francés Camille Flammarion (1842–1925), el más reputado divulgador científico de la época; de hecho, en los archivos de la Universidad de Puerto Rico existe una colección denominada *Ana Roqué de Duprey* donde se conservan algunas de estas cartas. En 1880, Flammarion publicó el libro *Astronomía popular*, que vendió la entonces impresionante cantidad de 100,000 ejemplares y que presumiblemente debió leer Roqué de Duprey; y en 1887, Flammarion fundó la *Société astronomique de France*, entidad que presidió y a la que se afiliaría Roqué de Duprey llegando a ser socia honoraria.

Inspirada por Stahl, Roqué de Duprey también hizo aportes a la botánica, hoy considerados importantes. Inicialmente menospreciados por el incipiente establecimiento científico de la época y luego olvidados, estos trabajos han sido reivindicados tras recientes investigaciones realizadas desde el año 2015.

Además, se sabe que Roqué de Duprey llegó a ofrecer conferencias sobre astronomía en su casa de San Juan —luego de trasladarse a esta ciudad, en 1878— a las cuales concurrían intelectuales de renombre como Alejandro Tapia y Rivera (1826–1882) y Manuel Fernández Juncos (1846–1928). Podría pensarse que dichas sesiones servían también para observar el cielo, sabiéndose que se reunían en la azotea de la vivienda. Ante estos datos y en ausencia de evidencia contradictoria, podría afirmarse que Ana Roqué de Duprey representa la primera persona que hubo en Puerto Rico dedicada a divulgar la astronomía.

#### 5. Astronomía puertorriqueña en el siglo XX, hasta el año 1997

Octubre de 2017. Revisado extensamente el 11 de abril de 2020. Publicado originalmente en noviembre de 2017 como apéndice del libro "Panorama de la astronomía".

En una carta del 9 de octubre de 1922, que trataba sobre la inminente publicación del *Libro Azul de Puerto Rico*, el literato Eugenio Astol (1868–1948) le escribía lo siguiente a la educadora Ana Roqué de Duprey (1853–1933): «... hemos preferido confiarle a usted el tópico sobre Astronomía, porque es usted la única persona en Puerto Rico que puede tratar con verdadera autoridad este asunto.»

El matemático Honorato de Castro (1885–1962) se exilió brevemente en la isla, llegando a enseñar en la Universidad de Puerto Rico entre 1942 y 1943. Experimentado como astrónomo tras catorce años de trabajo en el Real Observatorio de Madrid, acudió a evaluar el reloj de Sol del siglo XVII que se halla instalado en la torre austral de la Fortaleza, encontrando en sus cuadrantes algunos errores de diseño.

Víctor M. Blanco (1918–2011), natural de Guayama, fue el primer puertorriqueño que tomó como profesión la astronomía, obteniendo en 1949 un grado doctoral de Berkeley. En 1967 llegó a dirigir el Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, en Chile, inaugurando en 1976 el telescopio de 4 metros que hoy lleva su nombre y que está considerado como el instrumento más prolífico del hemisferio sur.

A finales de la decada de 1940, el óptico Chester Brandon (1916–1996) fundó en la ciudad de Guaynabo la empresa *Brandon Optical*, que luego trasladó al continente y que eventualmente vendería a la firma Vernonscope. Hacia 1949 Brandon inventó un nuevo diseño de oculares telescópicos, inspirado por el ortoscópico de Abbe, y que aún hoy se fabrica por considerse como uno de magnífico rendimiento.



El Amateur's Astronomy Club de Caguas, en una fotografia hacia el año 1958. Crédito: Miguel Lugo. Reproducido con la debida autorización.

El físico Facundo Bueso (1905–1960), quien fuera decano de ciencias naturales en el Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico (UPR), realizó durante la década de 1950 una extensa labor de divulgación científica donde destacaba la astronomía. A instancias de Facundo Bueso la UPR abrió un observatorio astronómico en Río Piedras hacia el año 1954, el primero que se instaló en la isla y cuya cúpula aún puede verse en la azotea del edificio Agustín Stahl. Funcionaba allí un telescopio refractor de 200 milímetros a f/15 cuya operación estuvo a cargo de los profesores Rafael Arce Blanco (1914–1993) y Joaquín García de la Noceda (1916–1999), disponiendo el instrumento de algunos componentes fabricados por la empresa *Alvan Clark & Sons*, aunque con gran probabilidad no el lente objetivo.

Por aquella época surgieron en la isla diversas agrupaciones dedicadas a la astronomía, aunque efimeras y escasas en la documentación que dejaron. Un relato ha dejado constancia del Amateur's Astronomy Club de la ciudad de Caguas, que mantuvieron varios estudiantes de secundaria entre 1957 y 1960.

El 1.º de noviembre de 1963 se inauguró el Observatorio de Arecibo, el principal instituto científico localizado en Puerto Rico. Considerado una maravilla de la ingeniería, fue concebido en 1958 por el físico e ingeniero William E. Gordon (1918–2010), entonces adscrito a la Universidad Cornell y quien en 1960 pasó a residir en la isla para supervisar la construcción y ejercer como primer director. El físico Daniel R. Altschuler (1944–), quien dirigió el observatorio durante ocho años bajo la tutela de Cornell, recabó aportes de la Fundación Ángel Ramos (entre varias fuentes) para construir un centro de visitantes, que abrió en 1997 y que desde entonces ha recibido unas 100,000 personas cada año.

Atraídos por el mayor radiotelescopio del mundo, llegaron a Arecibo algunos experimentos relacionados con la búsqueda de inteligencia extraterrestre (SETI, por su sigla en inglés), destacándose el *Mensaje de Arecibo* que transmitieron en 1974 los astrónomos Frank Drake (1930–) y Carl Sagan (1934–1996). Pero el trabajo más importante realizado en Arecibo pudiera ser el primer hallazgo de un sistema planetario más allá del nuestro, visto en torno al púlsar PSR B1257+12 de la constelación *Virgo*, un descubrimiento fortuito hecho en 1991 por Aleksander Wolszczan (1946–) y Dale Frail (1961–).

Durante el período de 1966 a 2003 existió el Observatorio Solar de Ramey, que operaba un telescopio óptico de 200 milímetros de abertura equipado con filtros de hidrógeno-alfa. Ubicado dentro de la base aérea del mismo nombre, en la costa de Aguadilla, este observatorio perteneció al *Air Force Space Weather Service* y durante sus 37 años de labor fue operado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.

Entrada la década de 1970, la UPR estableció observatorios ópticos en Mayagüez, Humacao y Cayey. En Quebradillas, la escuela superior Juan Alejo Arizmendi construyó el observatorio MIJOVI I (1975 a 1993), y luego la escuela superior Manuel Ramos Hernández inauguró el MIJOVI II (1997). También se abrieron planetarios en la UPR–Mayagüez (1973) y en el Parque de las Ciencias Luis A. Ferré (1992).

La Sociedad de Astronomía de Puerto Rico (SAPR), organizada el 16 de julio de 1985 en el auditorio del Ateneo Puertorriqueño e impulsada por el inminente retorno del cometa Halley en 1986, fue la primera agrupación astronómica permanente y con identidad jurídica. Su fundador y presidente fue el puertorriqueño Gregorio García (1935–2016) quien poseía amplia experiencia como resultado de su labor en observatorios de Estados Unidos. García se convirtió en el referente máximo de la astronomía amateur en la isla, mientras que el arecibeño Víctor Román Cordero (1964–2015), quien durante largo tiempo fuera vicepresidente de la SAPR, ejerció por diecinueve años la divulgación astronómica.

Entre 1992 y 1995 funcionó la Red Aeroespacial de Puerto Rico, dirigida por el ingeniero Elio Delgado (1952–1995) y que constituyó el primer grupo enfocado en divulgar los proyectos de la era espacial.

#### REFERENCIAS SOBRE LA HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA PUERTORRIQUEÑA

#### Información primaria

Anónimo n.º 1 (1809), Memoria Quarta. Contiene las observaciones astronómicas practicadas en Puerto Rico, La Guayra, Cartagena de Indias, La Havana y Vera Cruz..., Imprenta Real (Madrid). Existe versión digital en Google Books, <a href="http://books.google.com/books?id=yWZdAAAAAAA]">http://books.google.com/books?id=yWZdAAAAAAA]</a>.

Anónimo n.º 2 (1806), Elogio histórico del brigadier de la real armada D. Cosme Damián Churruca y Elorza... escrito por el amigo más confidente que tuvo, Imprenta de José María Repullés (Madrid). Existe versión digital en Google Books, <a href="http://books.google.com/books?id=h9KttIvfK68C">http://books.google.com/books?id=h9KttIvfK68C</a>.

Astol Busatti E. (1922), Carta dirigida a Ana Roqué de Duprey para confirmar su aportación al "Libro Azul de Puerto Rico", Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, Colección Puertorriqueña, RI 032. Existe versión digital en <a href="http://upr.contentdm.oclc.org/digital/collection/ManusAnaRoq/">http://upr.contentdm.oclc.org/digital/collection/ManusAnaRoq/</a>>.

Blanco V. M. (2001), "Telescopes, Red Stars, and Chilean Skies" (autobiografía breve), *Annual Review of Astronomy and Astrophysics 2001*, vol:39 p:1–18. Existe versión digital en <a href="http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.astro.39.1.1">http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.astro.39.1.1</a>.

Caussade A. (2010), "Fundación y trayectoria: Sociedad de Astronomía de Puerto Rico", *El Observador*, v:25 n:9 (septiembre de 2010) p:11, Sociedad de Astronomía de Puerto Rico. Recuento escrito por un protagonista y testigo presencial de los hechos, basado en un discurso ofrecido el 21 de agosto de 2010.

De Miranda F. (1982), *América espera* (antología póstuma), p:53, Fundación Biblioteca Ayacucho (Venezuela). Existe versión digital en *Ayacucho Digital*, <a href="http://www.bibliotecayacucho.info/downloads/dscript.php?fname=CL100.pdf">http://www.bibliotecayacucho.info/downloads/dscript.php?fname=CL100.pdf</a>.

Janer y Soler F. (1883), *Elementos de cosmografía y geografía particular de la isla de Puerto Rico* (1.ª edición), Tipografía de José González Font (San Juan). Existe versión digital en *Internet Archive*, <a href="http://archive.org/details/elementoscosmografía/geografíca/puertorico188300puer/">http://archive.org/details/elementoscosmografía/geografíca/puertorico188300puer/</a>.

Lugo M. (2016), "El Amateur's Astronomy Club de Caguas", *El Observador*, v:31 n:2 (primavera de 2016) p:24–27, Sociedad de Astronomía de Puerto Rico. Recuento escrito por un protagonista y testigo presencial de los hechos, basado en una conferencia ofrecida el 18 de julio de 2007.

Lyman H. (1921), "Remarkable Aurora of May 14–15, 1921". *Monthly Weather Review*, v:49 (July 1921) p:408, United States Weather Bureau. Existe versión digital en el archivo web de NOAA, <a href="http://docs.lib.noaa.gov/rescue/mwr/049/mwr-049-07-0406.pdf">http://docs.lib.noaa.gov/rescue/mwr/049/mwr-049-07-0406.pdf</a>>.

Martínez Quintero J. E. (1897), *Apuntes para facilitar el estudio de la geografía. Primera parte: geografía astronómica, geografía física*, Tipografía La Libertad (Ponce). Existe versión digital en la *Biblioteca Digital Hispánica* de la Biblioteca Nacional Española, <a href="http://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?">http://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?</a> id=0000112472>.

Monti, J. G. (1883), *El último tránsito de Venus por el disco del Sol en el siglo XIX*, Imprenta de Enrique Teodoro (Madrid). Existe versión digital en la *Biblioteca Digital Hispánica* de la Biblioteca Nacional Española, <a href="http://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?id=0000122859">http://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?id=0000122859</a>>.

Roqué y Géigel de Duprey A. C. (1920), *Datos biográficos de Ana Roqué y Géigel de Duprey* (manuscrito), Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, Colección Puertorriqueña, RI 031. Existe versión digital en <a href="http://upr.contentdm.oclc.org/digital/collection/ManusAnaRoq/">http://upr.contentdm.oclc.org/digital/collection/ManusAnaRoq/</a>>.

Roqué y Géigel de Duprey A. C. (*circa* 1930), Manuscrito sin título sobre el cometa que pasó por el trópico, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras, Colección Puertorriqueña, RI 123. Existe versión digital en <a href="http://upr.contentdm.oclc.org/digital/collection/ManusAnaRog/">http://upr.contentdm.oclc.org/digital/collection/ManusAnaRog/</a>>.

Varios (1837–1881), *La Gaceta de Puerto Rico* (periódico). Existe un archivo digital completo en la colección *Chronicling America* de la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos, <a href="http://chroniclingamerica.loc.gov/lccn/2013201074/">http://chroniclingamerica.loc.gov/lccn/2013201074/</a>>, consultado en 2015–05–18 y 2015–05–22.

#### Información secundaria

Anónimo n.º 1 (2012), "Acerca del Centro" (incluye una nota histórica acerca del Seminario Conciliar), *Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y el Caribe*, <a href="http://www.ceaprc.edu/acercadelceaprc-historiaylocalizacion.htm">http://www.ceaprc.edu/acercadelceaprc-historiaylocalizacion.htm</a>, consultado en 2015–05–15.

Anónimo n.º 2 (sin fecha), "Breve historia de la educación en Puerto Rico", *Enciclopedia de Puerto Rico*, Fundación Puertorriqueña de las Humanidades, <a href="http://www.enciclopediapr.org/esp/article.cfm?ref=06081401">http://www.enciclopediapr.org/esp/article.cfm?ref=06081401</a>>, consultado en 2015–05–16.

Anónimo n.º 3 (sin fecha), "Arecibo Accomplishments", *National Astronomy and Ionosphere Center / Arecibo Observatory - Puerto Rico / The William E. Gordon Telescope*, <a href="http://www.naic.edu/about/accomplishments.html">http://www.naic.edu/about/accomplishments.html</a>>, consultado en 2019–11–20.

Altschuler D. R. (1997), *Arecibo Observatory: National Astronomy and Ionosphere Center*. Opúsculo copublicado por la Universidad Cornell y por la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos.

Altschuler D. R., Pantoja C. (2017), Facundo Bueso: Límites del universo, el fin de mundo y otros ensayos. Ediciones Callejón.

Baretti, R., William Bruckman W., Müller R. (2006), *Cuéntame cómo pasó: Historias de la física en Puerto Rico*. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Humacao. Notas de una conferencia ofrecida en 2006, <a href="http://mate.uprh.edu/~iramos/pdfs/Cuentameppv.pdf">http://mate.uprh.edu/~iramos/pdfs/Cuentameppv.pdf</a>, consultado en 2020–03–25.

Bloom G. (2000), A History of the Brandon Refractor and the Fox Astronomical Observatory, <a href="http://www.sfaaa.com/index.php/articles/77-about-us/86-the-brandon-refractor">http://www.sfaaa.com/index.php/articles/77-about-us/86-the-brandon-refractor</a>>, consultado en 2020–04–03.

Castro Arroyo M. de los A., Toro Mattei M., Vega J. L. (2005), *La Fortaleza de Santa Catalina*, Patronato del Palacio de Santa Catalina.

Cruz Monclova L. (1973), *Baldorioty de Castro*, Instituto de Cultura Puertorriqueña, Serie Biblioteca Popular.

Cubano A. (2007), Convento de Santo Domingo (documental), Instituto de Cultura Puertorriqueña.

De Hostos E. C. (1939), "Eugenio María de Hostos: noticia biográfica", América y Hostos: colección de

ensayos acerca de Eugenio María de Hostos, Comisión pro celebración del centenario del natalicio de Eugenio María de Hostos, Cultural (Puerto Rico). Existe versión digital en *Cervantes Virtual*, <a href="http://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/eugenio-maria-de-hostos-noticia-biografica/html/4058d3">http://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/eugenio-maria-de-hostos-noticia-biografica/html/4058d3</a> <a href="http://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/eugenio-maria-de-hostos-noticia-biografica/html/4058d3">http://www.cervantesvirtual.com/obra-visor/eugenio-maria-de-ho

Falck-Ytter H., Alexander R., Lovgren T. (1999), "Chapter 4: Science and the Aurora", *Aurora: The Northern Lights in Mythology* (2<sup>nd</sup> edition), Bell Pond Books.

Fernández Pérez I. (2009), *Aproximación histórica al desarrollo de la astronomía en España* (tesis doctoral), Universidad de Santiago de Compostela, <a href="http://dspace.usc.es/bitstream/10347/2297/1/9788498871890\_content.pdf">http://dspace.usc.es/bitstream/10347/2297/1/978849871890\_content.pdf</a>, consultado en 2014–12–07.

Gautier Dapena J. A. (1970), *Baldorioty, apóstol*, Instituto de Cultura Puertorriqueña, Serie Biblioteca Popular.

Giral F. (1994), Ciencia española en el exilio (1939-1989): El exilio de los científicos españoles, p:90–92, Anthropos (colección Memoria Rota).

Hughes P. (2003), "'Flare Patrol' Ends at Ramey", *Air Force Weather*, <a href="http://afweather.afwa.af.mil/observer/JUL\_AUG\_2003/flare\_patrol.html">http://afweather.afwa.af.mil/observer/JUL\_AUG\_2003/flare\_patrol.html</a>, consultado en 2004–07–13 y posteriormente desaparecido.

Keegan W. F., Carlson L. A. (2008), "Chapter 2: Starry, Starry Night", and "Chapter 17: Caves", *Talking Taino: Caribbean Natural History from a Native Perspective*, University of Alabama Press.

Linés Escardó A. (1995), "La figura de Benet Viñes", *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, v:10 n:39 p:153–166, <a href="http://www.raco.cat/index.php/TreballsSCGeografia/article/download/184537/237815/">http://www.raco.cat/index.php/TreballsSCGeografia/article/download/184537/237815/</a>, consultado en 2015–05–22.

Martínez Guzmán J. L. (2004), "El cielo de Puerto Rico, por Ana Roqué de Duprey", *El Observador*, v:19 n:5 (mayo de 2004) p:8–9, y *El Observador*, v:19 n:6 (junio de 2004) p:8–9, Sociedad de Astronomía de Puerto Rico. Existe versión digital en *Astronotas*, <a href="http://www.astronotas.org/2015/12/31/ana-roque-de-duprey-y-el-cielo-de-puerto-rico/">http://www.astronotas.org/2015/12/31/ana-roque-de-duprey-y-el-cielo-de-puerto-rico/</a>.

Martínez Guzmán J. L. (sin fecha), "Astronomía en Puerto Rico", *Astronotas*, <a href="http://www.astronomia-en-puerto-rico/">http://www.astronomia-en-puerto-rico/</a>, consultado en 2020–04–04.

Martínez Mercado E. (2015), *El tesoro de una científica rebelde*, Centro de Periodismo Investigativo de Puerto Rico. <a href="http://periodismoinvestigativo.com/2015/02/el-tesoro-de-una-cientifica-rebelde/">http://periodismoinvestigativo.com/2015/02/el-tesoro-de-una-cientifica-rebelde/</a>>, consultado en 2020–04–03.

Medrano Herrero P. (2015), "Apuntes sobre Juan Troche Ponce de León y otros personajes de la historia de Puerto Rico del siglo XVI", Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de Bayamón. <a href="http://facultad.bayamon.inter.edu/pmedrano/Articulos/9%20personajes.pdf">http://facultad.bayamon.inter.edu/pmedrano/Articulos/9%20personajes.pdf</a>>, consultado en 2015–05–16.

Moreno M. L. (1991), "¿Orientación astronómica en Caguana?", *El Observador*, v:7 n:1 (noviembre de 1991) p:3–4, Sociedad de Astronomía de Puerto Rico.

Negrín Fajardo O., Soto Arango D. (1985), "El debate sobre el sistema copernicano en la Nueva

Granada durante el siglo XVIII", *Revista Colombiana de Educación*, n:16 p:37–54, Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Existe versión digital en <a href="http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/16">http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/16</a> 06ens.pdf>.

Rigau Pérez J. G. (2010), "Historia de la investigación científica en Puerto Rico", *Enciclopedia de Puerto Rico*, Fundación Puertorriqueña de las Humanidades, <a href="http://www.enciclopediapr.org/esp/article.cfm?ref=10050302">http://www.enciclopediapr.org/esp/article.cfm?ref=10050302</a>, consultado en 2014–03–30.

Robiou Lamarche S. (1984), "Astronomy in Taino Mythology", Archaeoastronomy, v:7 p:110–115, University of Texas Press.

Robiou Lamarche S. (1988), "Astronomía primitiva entre los taínos y los caribes de las Antillas", *New Directions in American Archaeoastronomy* (edited by Aveni A. F.), p:121–141, British Archaeological Reports.

Robiou Lamarche S. (1993), "Breve historia de las observaciones astronómicas europeas en las Antillas (siglos XV–XVIII)", *Aurelio Tió: homenaje al historiador y líder cívico* (editado por Alegría R. E.), p:267–285, Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y el Caribe.

Robiou Lamarche S. (1998), "Primeros trazos de astronomía en Puerto Rico", *El Observador*, v:14 n:12 (noviembre de 1998) p:4, Sociedad de Astronomía de Puerto Rico.

Robiou Lamarche S. (2002), "La Luna y los taínos", *El Observador*, v:17 n:5 (mayo de 2002) p:5, Sociedad de Astronomía de Puerto Rico.

Robiou Lamarche S. (2004), *La Iglesia de San José: historia, imagen y arquitectura sagrada de un monumento* (monografía), Centro de Estudios Avanzados de Puerto Rico y el Caribe. Existe versión digital en *Ediciones Digitales*, <a href="http://edicionesdigitales.info/biblioteca/srliglesiasanjose.pdf">http://edicionesdigitales.info/biblioteca/srliglesiasanjose.pdf</a>>.

Robiou Lamarche S. (2007), "Tierra huracanada", *El Nuevo Día* (versión digital). < <a href="http://www.ciencia">http://www.ciencia</a>
pr.org/es/external-news/tierra-huracanada/>, consultado en 2020–03–31 a través de la página web de CienciaPR, donde existe aún existe copia del artículo.

Rodríguez León M. (2009), "Historia de los frailes dominicos en Puerto Rico: 1509 al 2009", *Puerto Rico en Breve*, <a href="http://www.preb.com/devisita/domenpr.htm">http://www.preb.com/devisita/domenpr.htm</a>>, consultado en 2015.

Silverman S. M. (2008), "Low-latitude auroras: The great aurora of 4 February 1872", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v:70 n:10 p:1301–1308, Elsevier, sponsored by the International Union of Radio Science.

Silverman S. M., Cliver E. W. (2001), "Low-latitude auroras: the magnetic storm of 14–15 May 1921", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, v:63 n:5 p:523–535, Elsevier, sponsored by the International Union of Radio Science.

Stevens Arroyo A. M. (2006), *Cave of the Jagua: The Mythological World of the Tainos* (2<sup>nd</sup> edition), University of Scranton Press.

###

## Apéndice A. Mapas del cielo para utilizarse a simple vista

Reproduzco aquí cuatro mapas de cielo completo que sirven para identificar las principales constelaciones, y que muestran las estrellas hasta una magnitud aparente de 5.0.

Para utilizar los mapas usted debería mirar inicialmente hacia el sur, sosteniendo el gráfico en su posición natural (con la leyenda y créditos hacia abajo). Mirando hacia el norte, lo sostendrá al revés (con la leyenda y créditos hacia arriba). Para mirar al este deberá colocar el gráfico con el lado izquierdo hacia abajo, y para mirar al oeste colocará el lado derecho hacia abajo.

La Luna y los planetas no están señalados ya que su posición en la bóveda es cambiante, aunque siempre se les encontrará dentro las trece constelaciones zodiacales. La mejor forma de identificar un planeta y distinguirlo de una estrella es la ausencia del centelleo. Si centellea, será una estrella y no un planeta.

Los mapas están calculados para una latitud de 18° en el hemisferio norte y representan el cielo como se verá desde la isla de Puerto Rico (u otros lugares en el mismo paralelo), en las fechas y horas siguientes:

Invierno		Verano	
15 de septiembre:	05:00 am	15 de marzo:	05:00 am
30 de septiembre:	04:00 am	31 de marzo:	04:00 am
15 de octubre:	03:00 am	15 de abril:	03:00 am
31 de octubre:	02:00 am	30 de abril	02:00 am
15 de noviembre:	01:00 am	15 de mayo:	01:00 am
30 de noviembre	medianoche	31 de mayo	medianoche
15 de diciembre:	11:00 pm	15 de junio:	11:00 pm
31 de diciembre:	10:00 pm	30 de junio:	10:00 pm
15 de enero:	09:00 pm	15 de julio:	09:00 pm
31 de enero:	08:00 pm	31 de julio:	08:00 pm
14 de febrero:	07:00 pm	15 de agosto:	07:00 pm
Primavera		Otoño	
Primavera 15 de diciembre:	05:00 am	<b>Otoño</b> 15 de junio:	05:00 am
	04:00 am	15 de junio: 30 de junio:	05:00 am 04:00 am
15 de diciembre: 31 de diciembre: 15 de enero:	04:00 am 03:00 am	15 de junio: 30 de junio: 15 de julio:	04:00 am 03:00 am
15 de diciembre: 31 de diciembre:	04:00 am	15 de junio: 30 de junio:	04:00 am
15 de diciembre: 31 de diciembre: 15 de enero:	04:00 am 03:00 am	15 de junio: 30 de junio: 15 de julio:	04:00 am 03:00 am
15 de diciembre: 31 de diciembre: 15 de enero: 31 de enero: 14 de febrero: 28 de febrero	04:00 am 03:00 am 02:00 am 01:00 am	15 de junio: 30 de junio: 15 de julio: 31 de julio: 15 de agosto: 31 de agosto	04:00 am 03:00 am 02:00 am 01:00 am medianoche
15 de diciembre: 31 de diciembre: 15 de enero: 31 de enero: 14 de febrero: 28 de febrero 15 de marzo:	04:00 am 03:00 am 02:00 am 01:00 am medianoche 11:00 pm	15 de junio: 30 de junio: 15 de julio: 31 de julio: 15 de agosto: 31 de agosto 15 de septiembre:	04:00 am 03:00 am 02:00 am 01:00 am medianoche 11:00 pm
15 de diciembre: 31 de diciembre: 15 de enero: 31 de enero: 14 de febrero: 28 de febrero 15 de marzo: 31 de marzo:	04:00 am 03:00 am 02:00 am 01:00 am medianoche 11:00 pm 10:00 pm	15 de junio: 30 de junio: 15 de julio: 31 de julio: 15 de agosto: 31 de agosto 15 de septiembre: 30 de septiembre:	04:00 am 03:00 am 02:00 am 01:00 am medianoche 11:00 pm 10:00 pm
15 de diciembre: 31 de diciembre: 15 de enero: 31 de enero: 14 de febrero: 28 de febrero 15 de marzo: 31 de marzo: 15 de abril:	04:00 am 03:00 am 02:00 am 01:00 am medianoche 11:00 pm 10:00 pm 09:00 pm	15 de junio: 30 de junio: 15 de julio: 31 de julio: 15 de agosto: 31 de agosto 15 de septiembre: 30 de septiembre: 15 de octubre:	04:00 am 03:00 am 02:00 am 01:00 am medianoche 11:00 pm 10:00 pm 09:00 pm
15 de diciembre: 31 de diciembre: 15 de enero: 31 de enero: 14 de febrero: 28 de febrero 15 de marzo: 31 de marzo:	04:00 am 03:00 am 02:00 am 01:00 am medianoche 11:00 pm 10:00 pm	15 de junio: 30 de junio: 15 de julio: 31 de julio: 15 de agosto: 31 de agosto 15 de septiembre: 30 de septiembre:	04:00 am 03:00 am 02:00 am 01:00 am medianoche 11:00 pm 10:00 pm

# INVIERNO



El cielo de invierno visto desde el paralelo 18 norte. Crédito: Starry Night PDF, CC–BY–3.0. <u>http://en.hoshifuru.jp/pdf/</u>

# PRIMAVERA



El cielo de primavera visto desde el paralelo 18 norte. Crédito: Starry Night PDF, CC–BY–3.0. <u>http://en.hoshifuru.jp/pdf/</u>

# VERANO



El cielo de verano visto desde el paralelo 18 norte. Crédito: Starry Night PDF, CC–BY–3.0. <u>http://en.hoshifuru.jp/pdf/</u>

# OTOÑO



El cielo de otoño visto desde el paralelo 18 norte. Crédito: Starry Night PDF, CC–BY–3.0. <u>http://en.hoshifuru.jp/pdf/</u>

## Apéndice B. Mapa de la Luna

Elaboré este mapa partiendo de una fotografía tomada en luna llena, tomada el 17 de septiembre de 2016, a las 00:56 UTC-04 desde San Juan, Puerto Rico. Deseaba crear una referencia sencilla que pudiera emplearse durante observaciones hechas con binoculares o telescopios pequeños. veinticinco sitios notables que identifiqué, ordenados por categorías y de este a oeste, son los siguientes:

#### Mares y océanos (12)

Mare Crisium El mar de la crisis. Mare Fecunditatis El mar de la fecundidad. Mare Nectaris El mar del néctar.

Mare Tranquilitatis El mar de la tranquilidad. Mare Serenitatis El mar de la serenidad. Mare Vaporum El mar de los vapores. Mare Frigoris El mar del frío. Mare Imbrium El mar de la lluvia. Mare Nubium El mar de las nubes. Mare Cognitum El mar conocido Mare Humorum El mar de la humedad.

Oceanus Procellarum El océano de las tormentas.

#### Cráteres (11)

Langrenus Cráter en honor a Michael Florent van Langren (1598–1675). Posidonius Cráter en honor a Posidonio de Apamea (circa 135–51 aC). Eudoxus Cráter en honor a Eudoxo de Cnido (circa 390–337 aC).

Cráter en honor a Platón (circa 427–347 aC). Plato

Cráter en honor a Timócaris de Alejandría (circa 320–260 aC). **Tymocharis** 

Tycho Cráter en honor a Tycho Brahe (1546–1601).

Cráter en honor a Mikołaj Kopernik, i.e. Copérnico (1473–1543). Copernicus

Cráter en honor a Johannes Kepler (1571–1630). Kepler

Aristarchus Cráter en honor a Aristarco de Samos (circa 310–230 aC).

Cráter en honor a Wilhelm Schickard (1592–1635). Schickard

Cráter en honor a Francesco Maria Grimaldi (1618–1663). Grimaldi

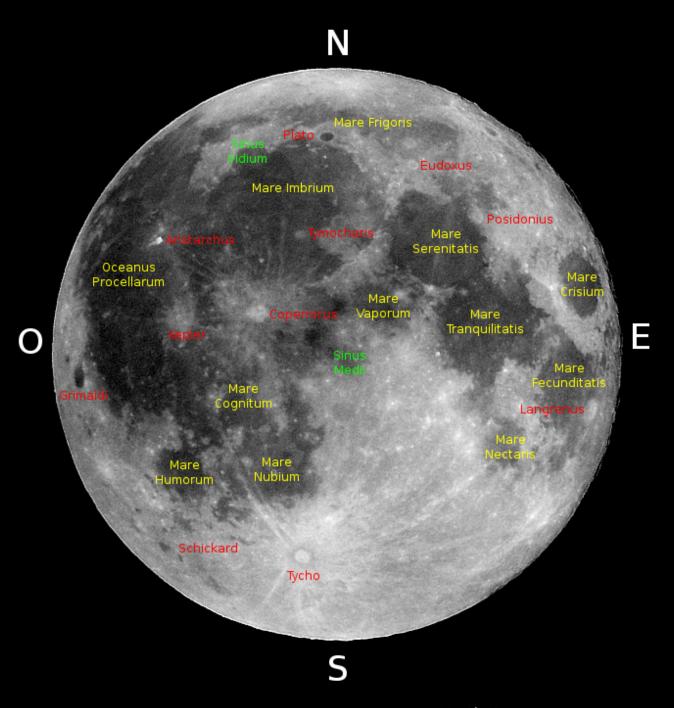
#### Ensenadas (2)

Sinus Medii La ensenada del medio, o ensenada central.

Sinus Iridium La ensenada del arco iris.

# Mapa de la Luna

Que ilustra los veinticinco sitios más conocidos de nuestro satélite



Los mares y océanos están indicados en <mark>amarillo</mark> Los cráteres están indicados en <mark>rojo</mark> Las ensenadas están indicadas en verde Versión 4 Armando Caussade © 2016-2017 Creative Commons BY-NC-ND 4.0



# Agradecimientos

En primer lugar, agradezco al Creador por regalarme espíritu e inteligencia, e igualmente a mi padre Armando y mi madre Carmencita por darme la vida y guiarme en los caminos del mundo.

A los colegas Isaac Cruz, Carlos F. González, Juan Villafañe, Juan Luis Martínez, Fernando Roquel Torres y Joaquín Pérez Bonome, que remitieron ilustraciones del cielo nocturno para este libro.

Al amigo Guido Santacana, entusiasta lector de este libro, quien desde el lanzamiento de la primera edición en el año 2014 ha ofrecido sugerencias para mejorar el contenido.

Y a mis alumnos, tanto del presente como del pasado, y a mis lectores de todas partes del mundo.



# UN PEDACITO DEL UNIVERSO

# **Armando Caussade**

Este libro presenta una recopilación de venticuatro artículos sobre astronomía, todos redactados en español, consiguiendo así una puesta en orden de la dispersa bibliografía del autor. Constituye un intento de llevar la ciencia al público, comunicada en lenguaje sencillo y de un modo ameno. Hay aquí algo para todos, incluyendo aquellas personas que nunca hayan sentido un apego especial hacia la ciencia.

ISBN-13: 978-0-9962800-7-5 ISBN-10: 0-9962800-7-3