

SIDUS

REVISTA DE DIVULGACIÓN ASTRONÓMICA

AÑO 8 - NÚMERO 14
DICIEMBRE 2024

SOL NEGRO: ECLIPSE TOTAL EN MÉXICO

OAN: NUEVO TELESCOPIO
COLIBRI

NEBULOSAS
WOLF-RAYET

NEBULOSAS
PLANETARIAS,
DE MARIPOSAS
CÓSMICAS Y SUS
HUELLAS DACTILARES



SUMARIO

REVISTA DE DIVULGACIÓN ASTRONÓMICA

14

Sidus, revista de divulgación de astronomía y astrofísica, es una publicación semestral editada en el Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara, Av. Ignacio L. Vallarta 2602, Col. Arcos Vallarta, Guadalajara, Jalisco, México, C.P. 44130, Tel. 33 3615 9829, www.iam.cucei.udg.mx.

Responsable: Gerardo Ramos Larios. **Editores:** Gabriel Marcelo Rubio González, Edgar Iván Santamaría Domínguez.

Diseño y Maquetación: Edgar Iván Santamaría Domínguez.

Se permite la reproducción total y parcial de los contenidos de la revista para uso personal y no lucrativo, citando la fuente. La redacción no se hace responsable de las opiniones vertidas por los autores y colaboradores.

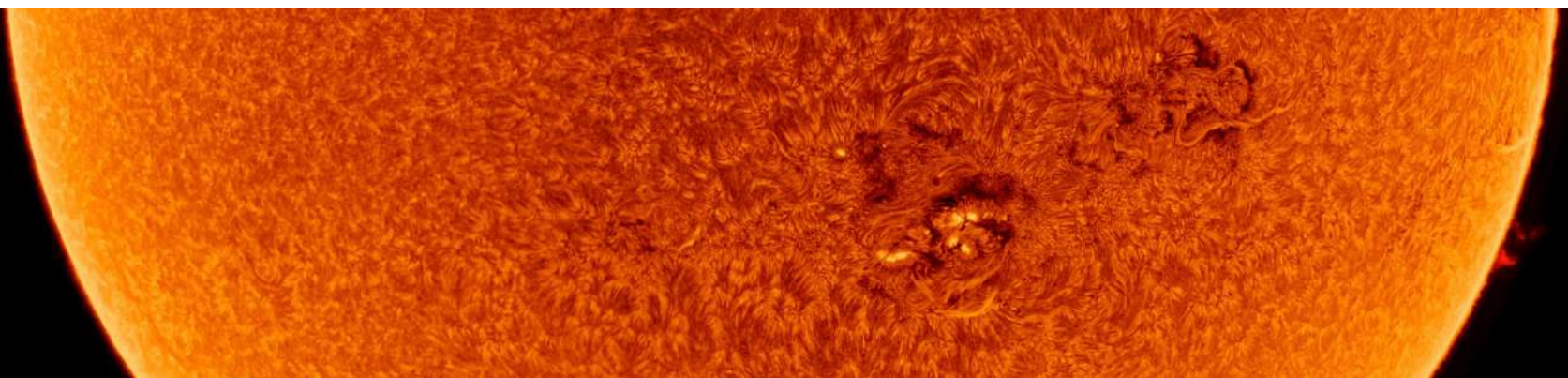
SOL NEGRO: ECLIPSE TOTAL EN MEXICO
DR. GERARDO RAMOS / CUCEI-UDG
DR. EDGAR SANTAMARIA / IRyA-UNAM **01**

NEBULOSAS PLANETARIAS
De mariposas cósmicas y sus huellas dactilares
LIC. MARCO ANTONIO LANDA / CUCEI-UDG **04**

COLIBRI, el nuevo y veloz telescopio del
Observatorio Astronómico Nacional **08**
MTRA. BRENDA CAROLINA ARIAS / IA-UNAM

OBSERVACIÓN DE NEBULOSAS
WOLF-RAYET **12**
M.CS. ABRAHAM QUINO / CUCEI-UDG

IMÁGENES ASTRONÓMICAS **15**
APOD



■ SOL NEGRO: ECLIPSE TOTAL EN MEXICO

SOL NEGRO:

ECLIPSE TOTAL EN MEXICO

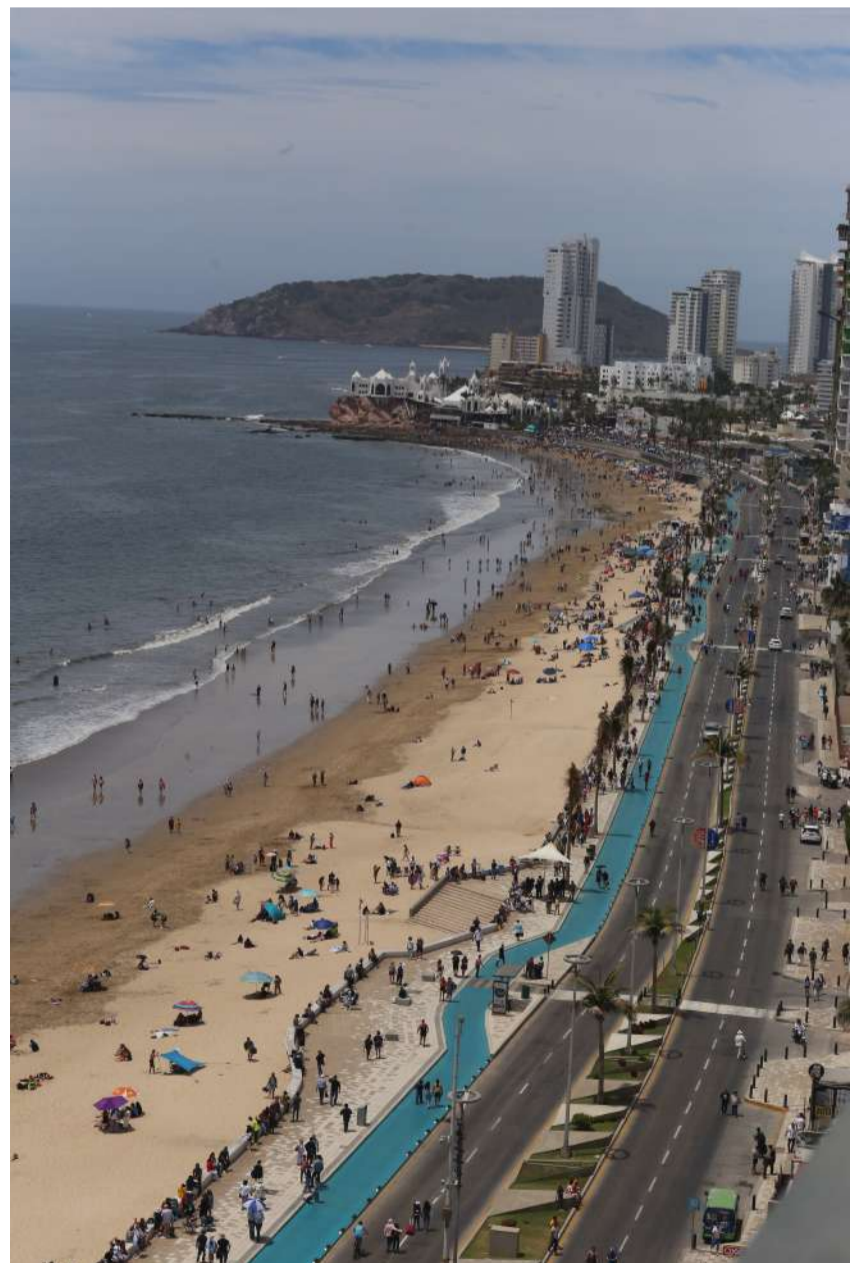
DR. GERARDO RAMOS / CUCEI-UDG
DR. EDGAR SANTAMARIA / IRyA-UNAM

El eclipse total de Sol es un fenómeno impresionante que ha cautivado a la humanidad a lo largo de la historia. Existen muchas leyendas y mitos relacionadas con algunos eclipses que se han sucedido. Los aztecas creían que durante un eclipse solar, el dios Quetzalcóatl descendía a la Tierra y, si no se le ofrecía un sacrificio, la humanidad enfrentaría su furia. Por otro lado, en la mitología hindú, los eclipses son resultado de la batalla entre los dioses y los demonios para beber el Amrita, el elixir de la inmortalidad. Y en la antigua China, se creía que un dragón celestial o un perro demoníaco intentaba devorar el Sol durante un eclipse.

En realidad, cuando la Luna se interpone entre la Tierra y el Sol, crea una sombra que se proyecta sobre la superficie terrestre, sumiendo en la oscuridad momentánea a aquellos que se encuentran bajo su trayectoria. El ambiente se transforma mientras el cielo se oscurece, las aves dejan de cantar, la temperatura desciende abruptamente y algunas estrellas se vuelven visibles en pleno día. La luz del Sol se eclipsa por completo, revelando solo el resplandor de la corona solar, creando un espectáculo que produce sentimientos encontrados, inspirando a la vez asombro y admiración.

En ese breve lapso de tiempo, que puede rondar desde algunos segundos hasta las 7 minutos, dependiendo del lugar y posición geográfica al momento de la totalidad, el cielo se puede teñir de colores intensos y cambiantes, creando una atmósfera extraña y misteriosa.

En algunas personas, este tipo de eventos se puede convertir en un momento de profunda emotividad y conexión con el Universo, así como de reflexión sobre nuestra posición en comparación con la inmensidad del cosmos.

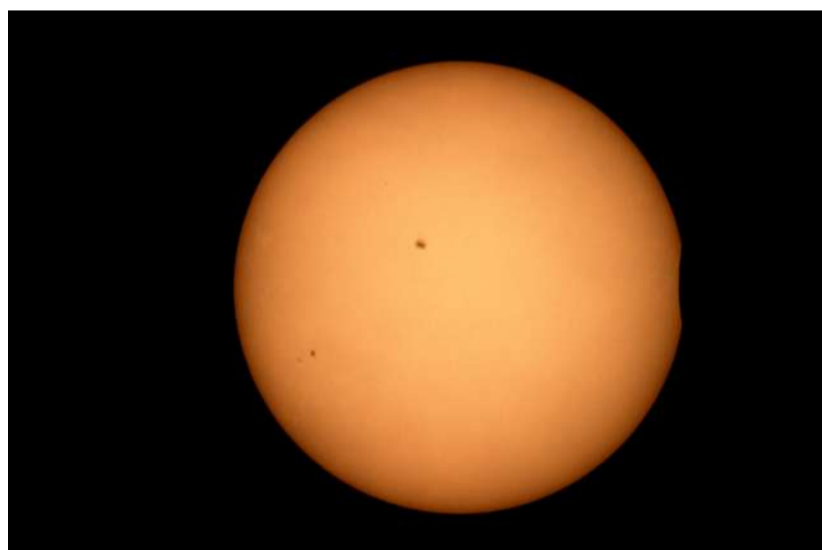


■ SOL NEGRO: ECLIPSE TOTAL EN MEXICO

El eclipse total de Sol no solo despierta emociones y sensaciones únicas en quienes lo presencian, sino que también representa un importante evento científico. Los astrónomos aprovechan la oportunidad para estudiar la corona solar y otros aspectos del Sol que normalmente no son visibles.

Recientemente en México, sucedió un eclipse total de Sol, ocurriendo el 8 de abril de 2024. Los mejores lugares para observar la totalidad del fenómeno fueron los estados de Sinaloa, Durango y Coahuila. El primer contacto del eclipse

con la República Mexicana fue justamente con el estado de Sinaloa, en la región de la ciudad costera de Mazatlán. La avenida del mar, conocida como el malecón y de gran importancia turística lucía completamente repleta de personas dispuestas a admirar el fenómeno. Cientos de telescopios con filtros solares especiales inundaron las calles, donde los transeúntes podían parar por un momento para apreciar el fenómeno a través de uno de estos equipos. Largas líneas se apreciaban a la distancia.



■ SOL NEGRO: ECLIPSE TOTAL EN MEXICO

En el caso específico de Mazatlán, el eclipse inició a las 09:51:22 AM (hora local) y terminó a las 12:32:07 PM. La fase total del eclipse donde ocurrió el momento de máxima oscuridad comenzó a las 11:07:24 AM, durando 4 minutos con 20 segundos. Durante ese corto período de tiempo, ocurría un ambiente de fiesta en Mazatlán. Debido al buen ánimo y humor de la gente, ésta gritaba emocionada, algunos lloraban y se abrazaban. Después de suceder la totalidad, la luz del Sol empezó a regresar gradualmente, volviendo todo a la normalidad.

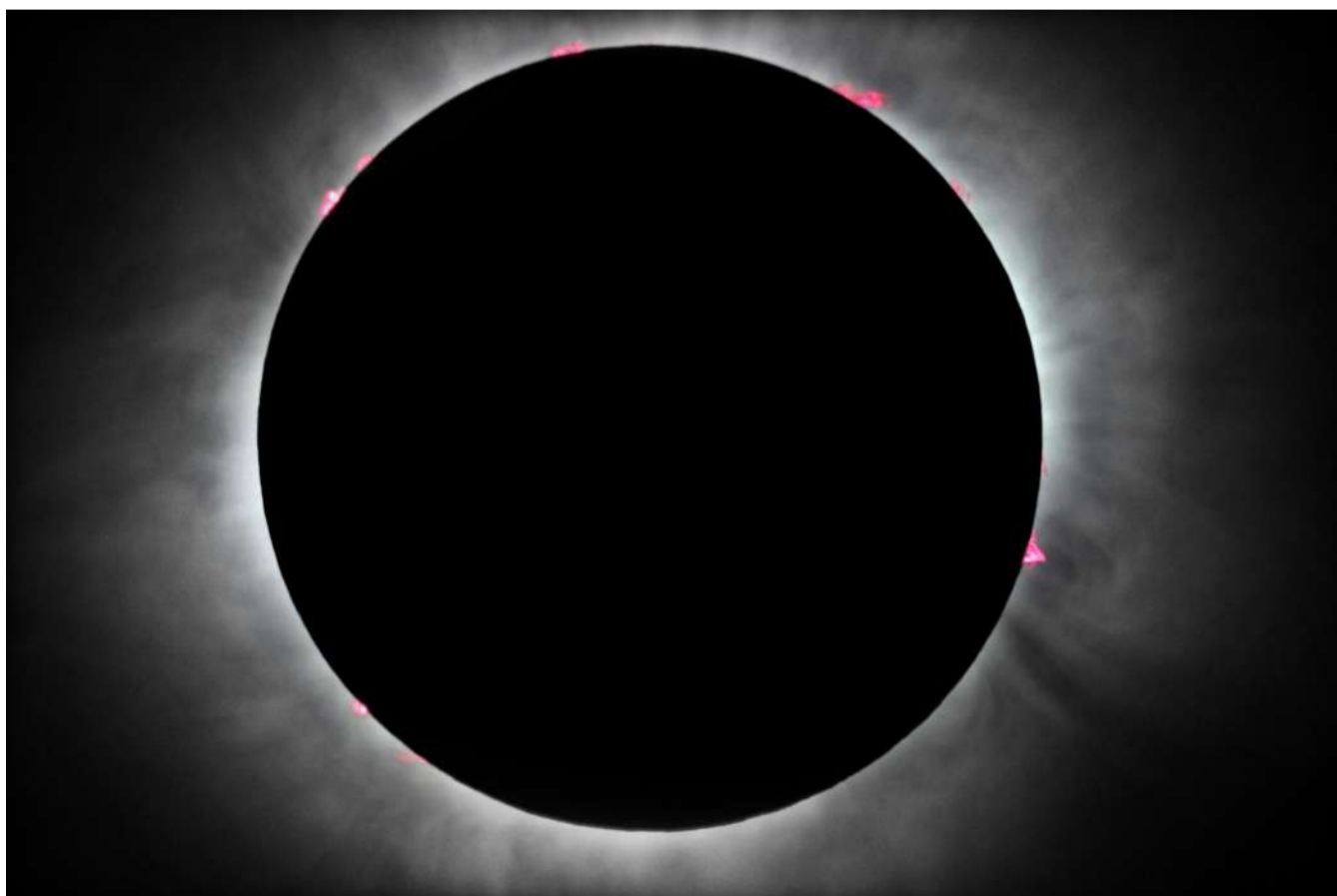
Uno de los aspectos más fascinantes de un eclipse total de Sol es la corona solar, una aureola brillante que rodea al astro y que sólo es visible durante el evento de totalidad. Esta corona, compuesta por gases calientes que se proyectan desde la superficie del Sol, ofrece un espectáculo inigualable. En esta ocasión eran visibles incluso a simple vista, algunas protuberancias que salían de la superficie del Sol. Sin embargo, debe mencionarse que el clima no fue lo suficientemente favorable para apreciar la corona en todo su esplendor, ya que algunas nubes bajas se encontraban presentes en el cielo.

En la actualidad, los eclipses solares siguen despertando un gran interés en la sociedad moderna. Al ser un fenómeno

predecible, muchas personas viajan grandes distancias a los lugares donde se podrá observar un eclipse total, buscando ser testigos en primera persona de este fenómeno, que es sin duda, un suceso que cada uno de nosotros debería de poder atestiguar por lo menos una vez en la vida. Sin duda, es un recuerdo que atesoraremos para siempre.

Las imágenes se obtuvieron mediante un telescopio reflector Schmidt-Cassegrain de 1250mm f/10 de relación focal y una cámara Canon 6D. Se utilizó un filtro solar de cristal con un triple revestimiento de acero inoxidable de níquel-cromo de una densidad neutral de 5, logrando bloquear la luz de Sol en 99.999%; excepto para la imagen de la totalidad, en la que se retiró el filtro del telescopio. Esta combinación permite obtener imágenes bastante nítidas de la fotosfera solar.

En las imágenes obtenidas ese día es posible observar algunos aspectos interesantes. Por ejemplo, en las fases anteriores a la totalidad, se aprecian algunas manchas solares sobre el disco solar en un tono oscuro. Por otro lado, en la fase total del eclipse, es fácil apreciar algunas protuberancias en un color rojo intenso, así como parte de la corona solar, ambas rodeando al Sol.



■ NEBULOSAS PLANETARIAS

NEBULOSAS PLANETARIAS: De mariposas cósmicas y sus huellas dactilares

LIC. MARCO ANTONIO LANDA / CUCEI-UDG

Las Nebulosas Planetarias (NP) son consideradas de los objetos más bellos del cielo nocturno llamando la atención de miles de personas y siendo objeto de estudio de múltiples astrofísicos. El primero en dejar registro de estas fue Charles Messier, quien, durante sus estudios en cometas, creó un catálogo para diferenciarlos de otros objetos de aspecto nebuloso, siendo la nebulosa Dumbell la primera que observó en 1764 y registrándola como M27 en su catálogo en 1781.

A pesar de que Messier fue el primero en dejar registro de las NP, el nombre y descubrimiento de los mismos se le atribuye a William Herschel y un poco menos conocido, a su hermana Caroline Herschel, ambos músicos de profesión en un inicio pero con el pasar del tiempo cambiaron su profesión a fabricantes de telescopios y posteriormente a astrónomos, siendo William quien observaba el cielo nocturno con un telescopio fijo y Caroline registrándolo que su hermano observaba y realizando los laboriosos cálculos matemáticos. De esta forma, los hermanos Herschel descubrieron una enorme cantidad de objetos nunca antes registrados.

En 1790, William observó un objeto circular, verdoso y difuso el cual tenía un aspecto similar a Urano, planeta que fue descubierto anteriormente por los hermanos Herschel en 1781. Por estas similitudes, los Herschel creían que se trataba de otro planeta y de este motivo viene el nombre de «Nebulosas planetarias», el nombre puede ser confuso ya que se puede pensar que de cierta forma están relacionadas con los

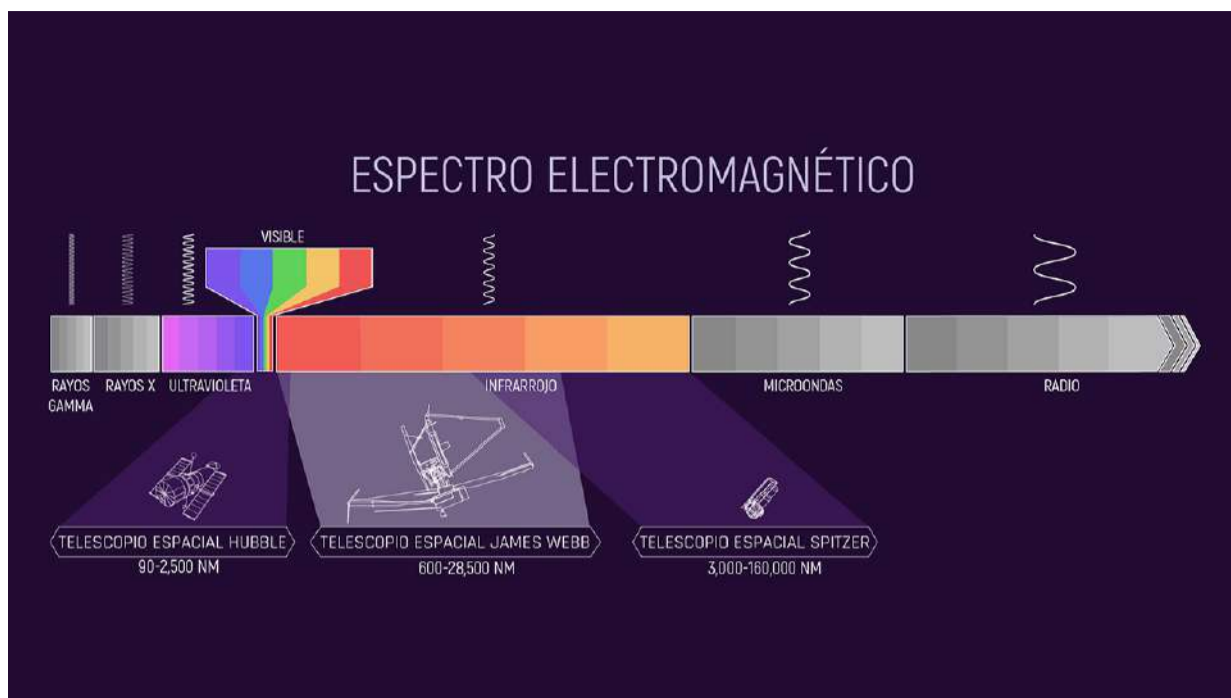
planetas, pero realmente no tienen relación alguna con estos.

Las nebulosas planetarias representan la etapa final de la evolución de estrellas similares al Sol que tengan entre 0.8 y 8 masas solares las cuales pierden sus capas más externas mediante vientos estelares en una etapa conocida como «Gigante de rama asintótica», dejando el núcleo de la estrella progenitora envuelto en una nube de gas y polvo estelar. El núcleo de la estrella progenitora (y posteriormente de la NP) es una enana blanca la cual es altamente densa y caliente.

La muerte de este tipo de estrellas no es violenta ni acelerada sino progresiva, pasando por una etapa conocida como protonebulosa planetaria, la cual es una etapa de transición entre estrella y nebulosa planetaria. Se suele decir que las nebulosas planetarias son "mariposas cósmicas" debido a la morfología de muchas de estas, las cuales tienen dos lóbulos que asimilan la forma de alas de una mariposa, aunque en realidad existe una basta variedad en la morfología de estas.

Dado que lo único que recibimos de objetos celestes es su luz, los astrofísicos solo pueden trabajar con ella para sacar toda la información posible. Es por ello que la herramienta favorita de quienes estudian el cosmos es la espectroscopia que es el estudio de cómo interactúa la materia con la radiación electromagnética.

■ NEBULOSAS PLANETARIAS



Esquema del espectro electromagnético que representa todos los rangos espectrales, desde los rayos gamma siendo los de longitudes de onda más cortas hasta las ondas de radio siendo las de longitudes de onda más largas. Se muestra también los rangos en los que observan tres de los telescopios más importantes.

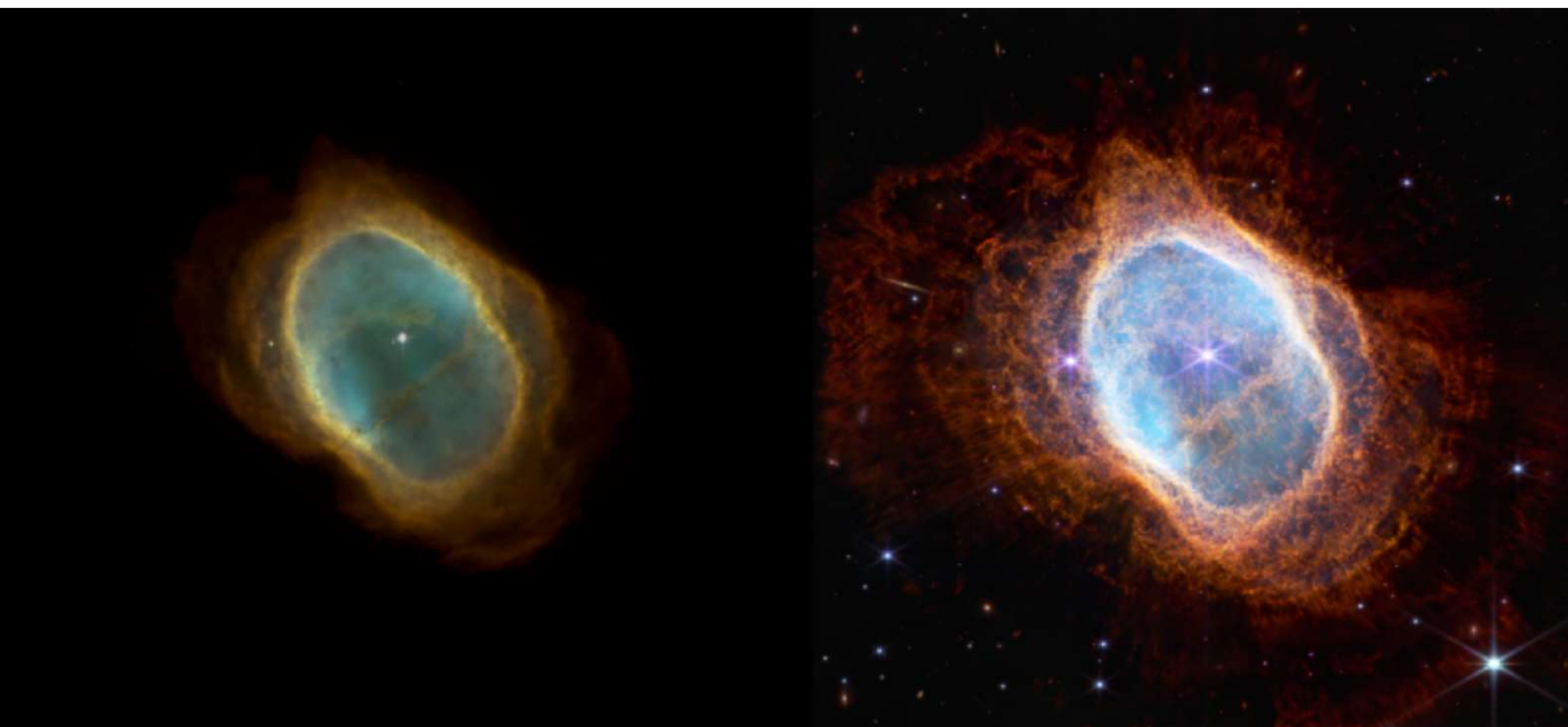
La radiación electromagnética tiene un comportamiento dual de onda-partícula y dependiendo de cómo se estudie en un experimento puede ser tratada como onda o partícula. A los astrofísicos les interesa estudiar la luz como onda. Imaginando un fotón como onda se puede visualizar al igual que una cuerda de guitarra vibrando, en este caso en lugar de formar una nota musical, formaría un color y en lugar de interactuar con el aire que rodea a la cuerda, el fotón interactúa con el campo electromagnético. Al igual que con la cuerda de una guitarra, entre más rápido vibre se produce un sonido más agudo, asociado con el espectro electromagnético son longitudes de onda cortas y se genera un color más energético, volviendo a la analogía, entre menos rápido vibren las cuerdas se produce un sonido más grave que se asimila a longitudes de onda más largas y colores menos energéticos. Las ondas electromagnéticas menos energéticas son las de radio y las más energéticas son los rayos gamma, estando entre medio el espectro visible que es el rango que el ojo humano puede percibir.

Con el estudio de la luz como onda y su espectro, eventualmente se descubrió que cada elemento químico tenía una "huella" característica plasmada en el espectro

electromagnético ya que al estudiar el espectro de una fuente de luz de algún elemento puro se puede observar cómo ciertas franjas del espectro se iluminan mientras que el resto permanece completamente oscuro. Al darse cuenta de que se podían clasificar a los elementos por su espectro se desarrolló la espectroscopia que es una herramienta altamente utilizada en química y física. En esta última su campo de aplicación más relevante es en la astrofísica ya que como se mencionó anteriormente, al solo recibir luz de los objetos distantes del cosmos es lo único disponible que se tiene para estudiarlos.

Con el espectro se puede estudiar las condiciones físicas del plasma envolvente de la nebulosa (su temperatura y densidad electrónica), la cinemática (expansión, turbulencias, etc.), su morfología y la composición química de las nebulosas. A partir de su temperatura y densidad electrónica se puede modelar como era la estrella progenitora y en cuanto a su composición química se puede saber si la estrella progenitora es de primera o segunda generación, esto quiere decir si pertenecen a las primeras estrellas formadas posterior al big bang o si son estrellas formadas de los remanentes de estrellas de primera generación.

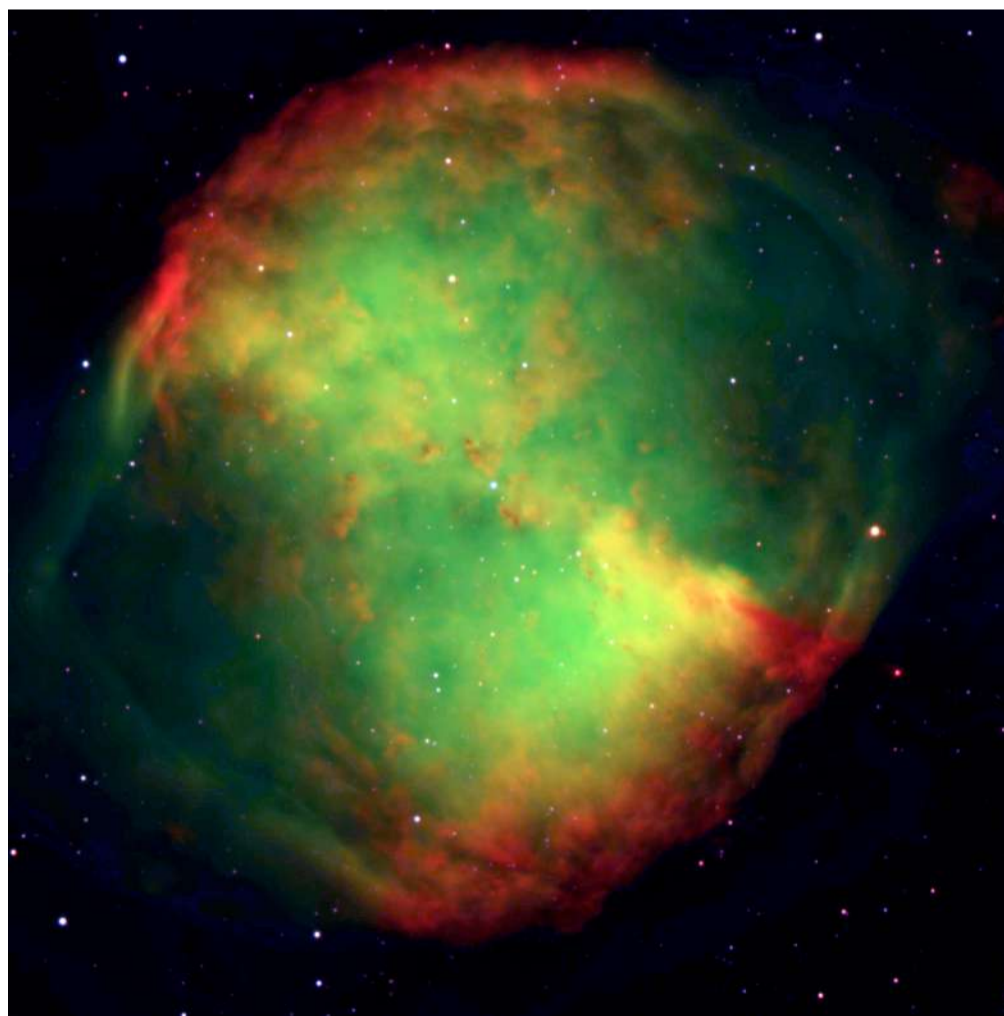
■ NEBULOSAS PLANETARIAS



Fotografías de la nebulosa del anillo sur NGC 3132. Izquierda: tomada con el telescopio Hubble en el óptico. Derecha: tomada con el JWST en el infrarrojo cercano. Se puede apreciar como en el infrarrojo aparecen estructuras que son invisibles en el rango óptico.

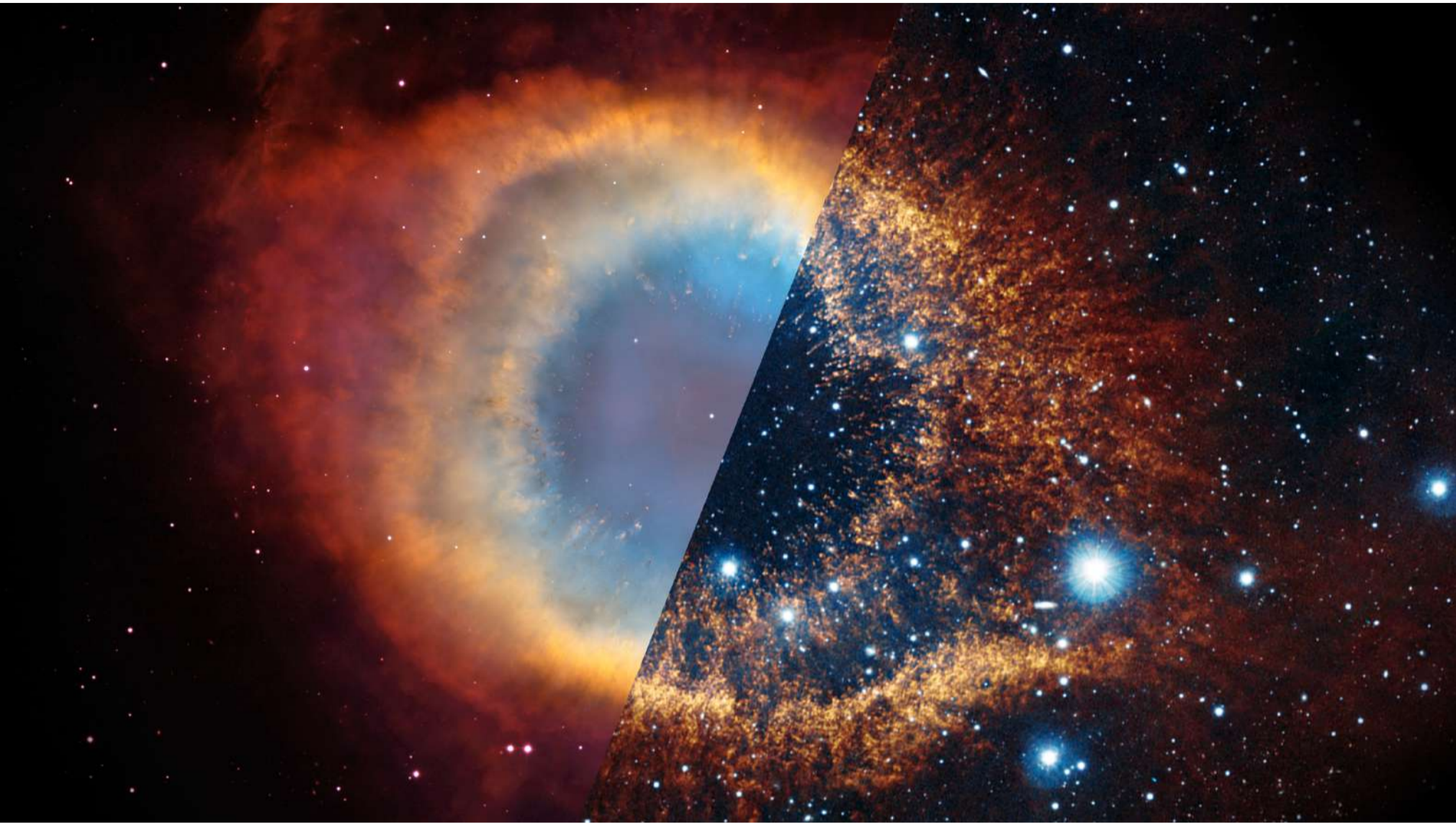
Aunque las nebulosas planetarias se pueden estudiar en cualquier rango del espectro electromagnético, ya que emiten en todos los rangos, es conveniente observarlas en el infrarrojo ya que estas observaciones revelan el polvo y gas molecular que están asociados a las etapas de formación temprana, incluso en ocasiones revelando estructuras que en el rango óptico son completamente invisibles. Por desgracia, observar desde tierra en el infrarrojo es una misión imposible ya que, por un lado, los rayos infrarrojos que recibimos son en su mayoría absorbidos por la atmósfera y desde tierra tenemos muchas fuentes de contaminación que pueden alterar los datos obtenidos.

Otras características que se pueden obtener de estudiar las nebulosas en el infrarrojo es estudiar la síntesis de moléculas muy simples, tal como el hidrogeno molecular, la molécula más simple y abundante en el cosmos, a moléculas más complejas.



Nebulosa Dumbell, la primera nebulosa planetaria observada y registrada en el catálogo de Messier como M27. European Southern Observatory (ESO).

■ NEBULOSAS PLANETARIAS



Fotografía compuesta por dos tomas de distintos telescopios de la nebulosa de la hélice NGC 7293. En la izquierda tomada por el Hubble en el rango óptico y en la derecha tomada con Spitzer en el infrarrojo cercano. Nuevamente se puede observar que el infrarrojo revela estructuras invisibles en el rango óptico.

El hidrogeno molecular también es de importante relevancia en el estudio de NP ya que nos proporciona información sobre el mecanismo de excitación del plasma de la nebulosa, siendo la excitación por choques o por radiación UV las predominantes.

Con el desarrollo tecnológico aeroespacial fue posible poner telescopios fuera de la tierra en órbita, siendo el telescopio Hubble el primer telescopio funcional en ser puesto en órbita y, aunque este telescopio también observa en el infrarrojo cercano, su principal misión es observar en el óptico. Otros telescopios han sido diseñados específicamente para ver en el infrarrojo de los cuales los más relevantes son el IRAS, Spitzer, WISE y, el más novedoso, el James Webb Space Telescope (JWST) el cual ha marcado un antes y un después en las observaciones en el infrarrojo.

Estudiar estos objetos tan hermosos y sus espectros nos permite entender mucho mejor la evolución de estrellas similares a nuestro sol y así poder predecir cual será el futuro de este, nos ayuda a entender la formación de polvo interestelar y moléculas complejas en el cosmos que enriquecen el medio interestelar propiciando que de estas nazcan nuevas estrellas o inclusive planetas, también nos ayuda a descubrir nuevos compuestos, tal es el caso del hidruro de helio, el cual ya se conocía su síntesis en laboratorio pero se creía que era imposible detectarlo en la naturaleza y no fue sino hasta 2019 que el telescopio SOFIA detectó el ion de hidruro de helio en la NP NGC 7027. Con instrumentos cada vez más sofisticados se producirá información más precisa sobre los orígenes y evolución de estas mariposas cósmicas.

COLIBRI:

El nuevo y veloz telescopio del Observatorio Astronómico Nacional

MTRA. BRENDA CAROLINA ARIAS / IA-UNAM



En México existe un lugar único para la observación astronómica. En este sitio se conjugan varias características: muchas noches despejadas en el año, muy bajo vapor de agua, limpieza y estabilidad atmosférica, su altitud de 2,800 msnm y la oscuridad de su cielo es indescriptible. Este lugar está en la Sierra de San Pedro Mártir en Baja California. Un lugar paradisíaco donde se encuentra una de las sedes del Observatorio Astronómico Nacional (OAN) del Instituto de Astronomía (IA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

No sólo es cautivador para las y los astrónomos que hacen uso científico de sus instalaciones y sus telescopios. Para el ciudadano con curiosidad, este lugar

representa lo más cercano a tocar las estrellas. Poder ver a simple vista la Vía Láctea y hasta confundirla con pequeñas nubes debido al resplandor intenso de sus miles de millones de estrellas, es una experiencia que se queda en lo más profundo de nuestra memoria.

A la fecha, el OAN cuenta con once telescopios para observar distintos objetos y fenómenos astronómicos como son planetas extrasolares, formación de estrellas, nebulosas planetarias, objetos transneptunianos con potencial peligro para la Tierra, cúmulos estelares, galaxias, explosiones de supernovas, fusión de estrellas de neutrones, entre muchos otros.

■ COLIBRI

La ventana de observación en la que este sitio es excelente para la investigación en astronomía es la parte del espectro electromagnético que corresponde al visible e infrarrojo. Es por ello que muchos fenómenos que están fuera de esta zona del espectro son de gran interés, ya que aquí se logra obtener, para ciertos casos en específico, esta contra parte para estudiar mejor los fenómenos que producen ondas de radio, milimétricas, ultravioleta, rayos X o rayos gamma.

Para el caso específico del estudio de los rayos gamma (el extremo más energético del espectro electromagnético y de menor longitud de onda) existen dos tipos de destellos: los de corta y los de larga duración. Actualmente sabemos que ambos procesos tienen como fuente distintos fenómenos astrofísicos. En el caso de los de larga duración que pueden durar varias horas, sabemos que son producto de las explosiones de supernova, explosión de estrellas masivas que desde sus inicios lograron acumular grandes cantidades de masa, mayores a ocho veces la masa del Sol, y que al final de su evolución explotan magistralmente, pues la fuerza de fusión interior ya no logra contener la fuerza de gravedad de las capas más externas, lo que da lugar

a un nuevo proceso en la evolución de estas estrellas: las explosiones de supernova.

Por otro lado, los destellos cortos de rayos gamma vienen de fenómenos aún más complejos e interesantes: la fusión de estrellas de neutrones y/o agujeros negros. Esta situación, que también genera ondas gravitacionales por su tremenda emisión de energía comparable a la emisión de miles de millones de soles, tiene una duración de apenas unos pocos segundos y por ello la importancia de contar con telescopios que puedan apuntar rápidamente hacia el punto del cielo donde aparecen y así no perder la detección del fenómeno.

Detección de rayos gamma en el OAN-SPM

Hace apenas unas semanas, en el OAN en San Pedro Mártir, se inauguró un telescopio robótico capaz de detectar la contraparte óptica e infrarroja de los destellos de rayos gamma, fenómenos altamente energéticos pero transitorios que son producto de las explosiones más violentas en el Universo como supernovas, colisión de estrellas de neutrones y/o agujeros negros.



■ COLIBRI

COLIBRI es el nombre de este telescopio y se refiere a un factor que lo hace único en su tipo: es capaz de apuntar, en menos de 20 segundos, a la zona del cielo que le indique el satélite espacial SVOM, un satélite ya en órbita dedicado a la detección de ráfagas de rayos gamma. Como el giro de un colibrí, este telescopio apunta rápidamente a la zona del cielo indicada por el satélite y así poder observar la contraparte óptica e infrarroja de los destellos de rayos gamma en un tiempo récord. Con esta información en rayos gamma, óptico e infrarrojo se tiene un panorama más amplio de estos fenómenos, integrando así el rompecabezas de estos fenómenos para un mayor y mejor entendimiento de lo que sucede.

COLIBRI es una colaboración entre México y Francia. Por la relevancia del evento, la Embajadora Delphine Borione participó en el acto protocolario acompañada del astrónomo Stéphane Basa, científico principal de la parte francesa, así como de la representante de Norteamérica del Consejo de Ciencia de Francia, Sylvette Tourmente. De México estuvieron presentes la coordinadora de la investigación científica de la UNAM, la doctora Soledad Funes, así como el científico principal de la parte mexicana, el doctor William Lee; el director del IA, el doctor Yair Krongold así como el doctor Jesús González, ex director del IA.

Aunado al evento de inauguración del telescopio COLIBRI, la UNAM celebró 95 años de autonomía y con ello, los 95 años de la incorporación del OAN a esta casa de estudios.

Desde que el Observatorio formó parte de la Universidad, el crecimiento de esta ciencia en México ha sido muy claro, lo que ha dado paso al prestigio internacional que tienen las y los astrónomos mexicanos en la actualidad.

También, el OAN ha sido semillero para la creación de diversas y distintas instituciones, entre ellas el mismo Instituto de Astronomía creado en 1967, y con ello, el resguardo directo del OAN. Por sus instalaciones han pasado prestigiados astrónomos como Paris Pishmish, Luis Enrique Erro, Guillermo Haro, Alfonso Serrano, Manuel Peimbert, Silvia Torres, Gloria Koenigsberger, Arcadio Poveda, entre otros.

El OAN es considerado uno de los cuatro lugares mejores del mundo para hacer observación astronómica. En sus telescopios trabajan decenas de científicas y científicos al año tratando de escudriñar los misterios que guarda el Universo.

Actualmente, el Instituto de Astronomía de la UNAM cuenta con cuatro sedes: dos académicas que realizan investigación, docencia y divulgación científica. Una de ellas está en la Ciudad de México dentro de Ciudad Universitaria y la otra en Ensenada, Baja California; y dos sedes del Observatorio Astronómico Nacional, una en Tonantzintla, Puebla donde se realizan actividades de docencia y de divulgación científica y la de San Pedro Mártir donde se realiza observación astronómica con fines de investigación científica.

Con el desarrollo no sólo de la ciencia básica, como lo es la astrofísica, sino también de la tecnología enfocada en la instrumentación astronómica que acompaña el crecimiento en infraestructura y avances tecnológicos, el Instituto de Astronomía trabaja, desde hace varios años en el desarrollo e instalación de telescopios automatizados que surgen de colaboraciones internacionales. Estas cooperaciones de grandes equipos de científicas, científicos, técnicas y técnicos, han dado paso a una nueva etapa en la astronomía moderna y en el futuro del OAN-SPM.

■ COLIBRI



En años venideros se vislumbran distintas colaboraciones internacionales para colocar en este extraordinario lugar la nueva generación del Telescopio del Horizonte de Eventos, con lo que se podrá estudiar objetos astronómicos en longitudes de onda milimétrica dedicados al estudio de la evolución de los agujeros negros en el centro de las galaxias, así como las características astrofísicas de sus alrededores.

Otros dos proyectos de trascendencia serán la colocación de un telescopio de 2 m de diámetro, de la misma colaboración

que hizo realidad el telescopio COLIBRI, y que también estará enfocado en la detección de fenómenos cuyo brillo cambia muy rápidamente en el tiempo. Y para consolidar de manera determinante el potencial astronómico de este sitio sinigual, se prevé continuar con la construcción de un telescopio de 6.5 m de diámetro que permita el estudio sin precedentes del centro de la Vía Láctea, la evolución de otras galaxias, formación y evolución estelar, búsqueda y detección de exoplanetas, entre muchos más objetos de estudio.

OBSERVACIÓN DE NEBULOSAS WOLF-RAYET

M.CS. ABRAHAM QUINO / CUCEI-UDG

Las estrellas Wolf-Rayet (WR) son una clase de estrellas muy masivas (10-25 veces el Sol) y calientes (pueden alcanzar temperaturas mayores a 50,000 °K) que están en la etapa final de su evolución. Se caracterizan por tener una emisión espectroscópica peculiar con una intensa radiación ultravioleta y por sus vientos estelares extremadamente fuertes que le permiten arrojar una gran cantidad de material al espacio a velocidades muy altas, de hasta miles de kilómetros por segundo, generando la formación de nebulosas alrededor de ellas durante su evolución. La energía transferida al viento estelar puede ser suficiente para ionizar la materia interestelar circundante, calentándolo e iluminándolo. La naturaleza o forma de la nebulosa dependerá de la intensidad de la radiación de la estrella, la velocidad de su viento y la densidad del medio circundante.

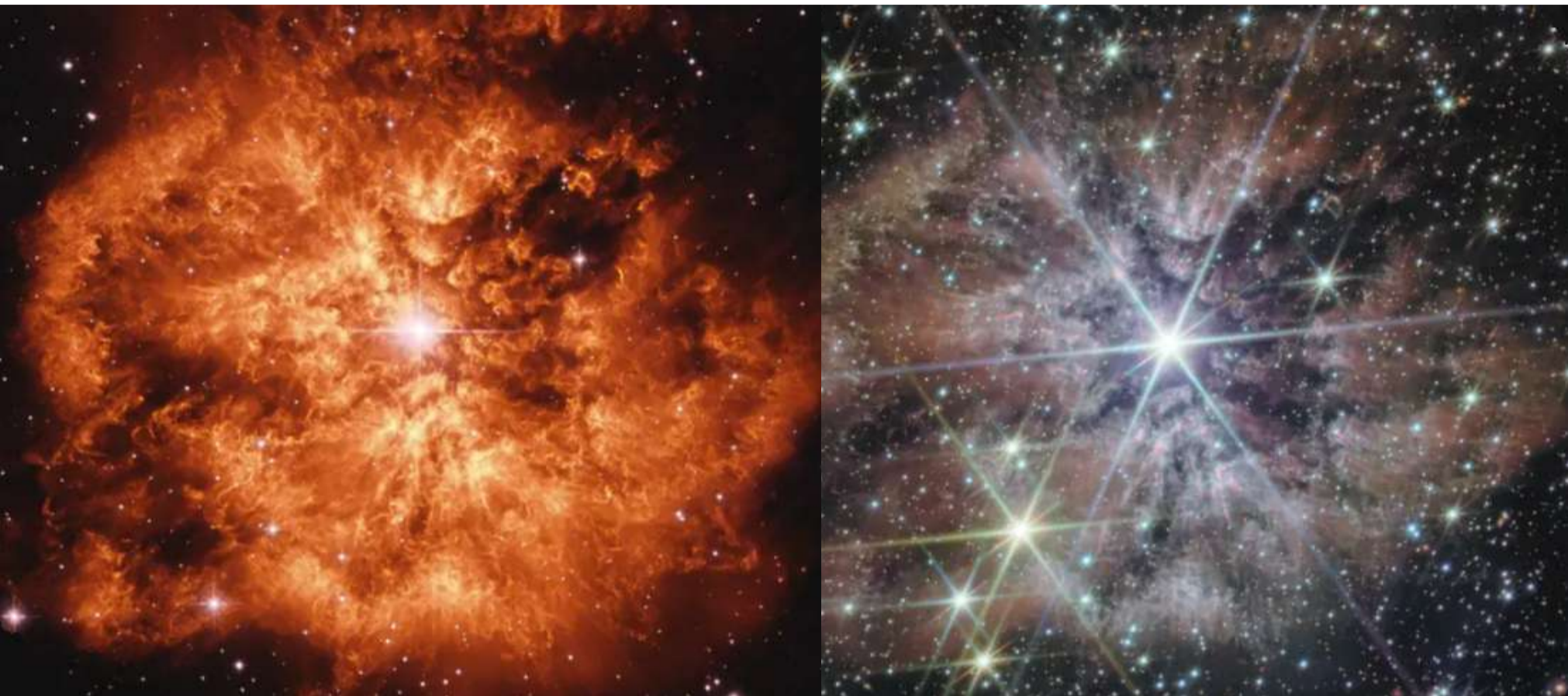
Las estrellas WR se encuentran en la fase final de su vida, después de haber agotado la mayor parte de su combustible nuclear. Como resultado, su núcleo ha comenzado el proceso de progresar hacia una explosión de supernova. Siendo un tipo relativamente raro de estrella, se han estudiado en detalle desde que fueron descubiertas por los astrónomos Charles Wolf y Georges Rayet en 1867.

Los vientos estelares son un importante mecanismo dinámico que influyen en la

evolución de las estrellas WR, y causan que las líneas espectrales de estas estrellas sean anormalmente anchas. La interacción entre el viento estelar y la radiación de la estrella causa la expansión y el enfriamiento de los materiales, y esto resulta en la emisión de líneas espectrales muy anchas. La presencia de líneas espectrales amplias en el espectro de una estrella WR significa que es posible inferir el tipo de viento estelar que marca a cada estrella individual. De forma general, el análisis del ancho de las líneas espectrales de las estrellas WR es esencial para comprender la dinámica y la evolución de estos objetos masivos, y nos muestra la importancia de los vientos estelares en la física de las estrellas.

La presencia de vientos estelares en las estrellas WR afecta la formación de las líneas espectrales ya que el viento estelar se mueve a velocidades extremadamente altas que resultan en un fenómeno conocido como "ensanchamiento Doppler" (Doppler broadening). Este fenómeno se produce cuando las líneas espectrales de un objeto observado aparecen ensanchadas o corrimiento hacia el rojo o azul en función de la velocidad de movimiento relativo del objeto respecto al observador. El ensanchamiento Doppler hace que las líneas espectrales aparezcan más anchas de lo normal en las estrellas WR, lo que indica que las velocidades de los átomos que emiten radiación son muy altas.

■ WOLF-RAYET



El análisis del espectro estelar es una herramienta importante para conocer las propiedades físicas de las estrellas. El espectro espectral es la distribución de energía radiante como una función de la longitud de onda. El espectro de una estrella puede ser analizado para determinar la temperatura, la composición química, la velocidad y la luminosidad. El espectro de una estrella se produce debido a la radiación emitida por los elementos que componen la estrella, que son excitados por la alta temperatura de la estrella.

La cinemática de las nebulosas alrededor de las estrellas WR es un tema de gran interés para los astrónomos, ya que proporciona información sobre la dinámica de las estrellas y el medio circundante. Estas nebulosas se caracterizan por la presencia de estructuras complejas y asimétricas, que sugieren que la dinámica del medio circundante es muy compleja.

La cinemática de una nebulosa se refiere al movimiento de las diferentes partes de

la misma en relación con la estrella WR y con el medio circundante. La información sobre la cinemática se puede obtener a partir de medidas espectroscópicas de la nebulosa, que permiten detectar las velocidades de desplazamiento de las diferentes partes de la nebulosa.

En la actualidad, existen varios modelos que intentan explicar la cinemática de las nebulosas alrededor de las estrellas WR. Uno de los modelos más populares supone que la nebulosa se forma a partir de un viento estelar asimétrico, que crea una burbuja de gas alrededor de la estrella. Según este modelo, la dinámica de la nebulosa estaría controlada por la forma y la intensidad del viento estelar.

Otro modelo propuesto menciona que la dinámica de las nebulosas alrededor de las estrellas WR se puede explicar mediante la interacción de la estrella con un disco de material expulsado por ella misma. Según este modelo, la cinemática de la nebulosa estaría controlada por la geometría y la densidad del disco.

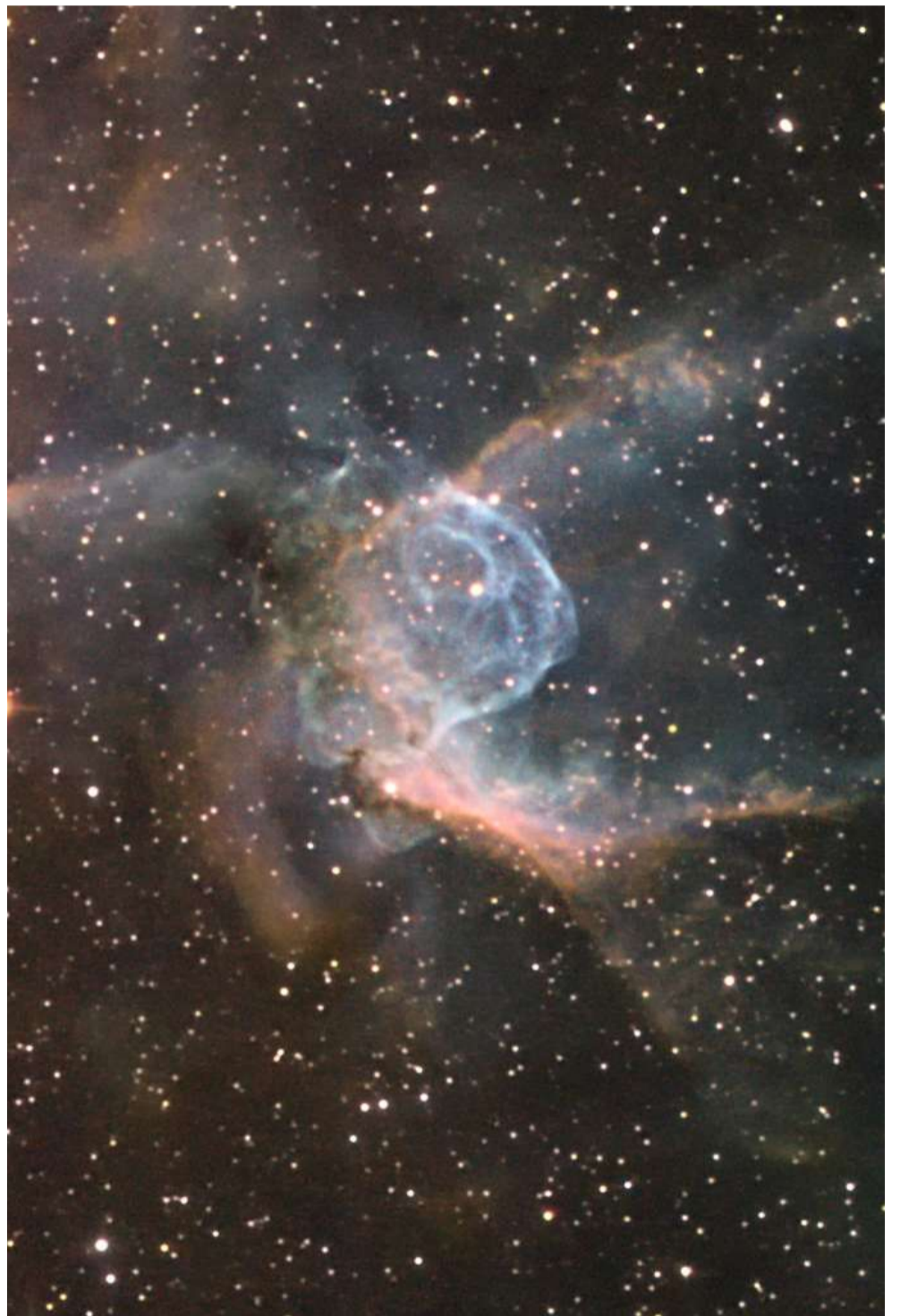
■ WOLF-RAYET

Ambos modelos se basan en la noción de que la nebulosa se forma a partir de un flujo de material asimétrico y que su dinámica está controlada por la interacción de la estrella con este flujo. Sin embargo, la complejidad de las estructuras observadas en las nebulosas alrededor de estrellas WR sugiere que puede haber otros factores en juego.

Concluyendo, las estrellas Wolf-Rayet son un tipo de estrella muy importante debido a su papel en la evolución estelar. Durante su vida, las estrellas producen elementos más pesados que el hierro en su núcleo a través de reacciones de fusión nuclear y los arrojan al espacio a través de los intensos vientos estelares. Estos elementos más pesados que el hierro, junto con los elementos más livianos como el hidrógeno y el helio, forman el material a partir del cual se forman futuras generaciones de estrellas.

Con el avance de telescopios y técnicas de observación (como el telescopio espacial Hubble o el telescopio espacial James Webb), se han podido identificar y analizar diferentes nebulosas WR y su entorno. Estas observaciones están ampliando la comprensión del ciclo de vida estelar y la evolución química del Universo.

Se conoce que las estrellas Wolf-Rayet son eficientes productoras de polvo, y las imágenes de la WR124 en el óptico e infrarrojo muestran esto con gran efecto. El polvo más frío brilla en las longitudes de onda del infrarrojo medio más largas, mostrando la estructura interna de la nebulosa. Localizada a 21,000 años luz, WR124 es rodeada por la nebulosa conocida como M1-67.





Thor's Helmet
Imagen, credito y licencia: Brian Hopkins

Popularmente conocido como el Casco de Thor, NGC 2359 es una nube cósmica en forma de sombrero con apéndices que parecen alas. De tamaño heroico, incluso para un dios nórdico, el Casco de Thor tiene aproximadamente 30 años luz de diámetro. De hecho, esta cubierta cósmica se asemeja más a una burbuja interestelar, inflada por un viento rápido proveniente de la estrella brillante y masiva cerca del centro de la burbuja. Conocida como una estrella Wolf-Rayet, la estrella central es un gigante extremadamente caliente que se cree está en una breve etapa evolutiva previa a la supernova. NGC 2359 está ubicada a unos 15,000 años luz de distancia.



NGC 1672: Barred Spiral Galaxy from Hubble

Imagen, credito y licencia: [ESA/Hubble](#) & [NASA](#), [O. Fox](#), L. Jenkins, S. Van Dyk, A. Filippenko, J. Lee and the [PHANGS-HST](#) Team, D. de Martin (ESA/Hubble), M. Zamani (ESA/Hubble)

Muchas galaxias espirales tienen barras que cruzan sus centros. Incluso se cree que nuestra propia Vía Láctea tiene una barra central modesta. La galaxia espiral barrada NGC 1672, que se muestra aquí, fue capturada con un detalle espectacular en una imagen tomada por el telescopio espacial Hubble. En la imagen se pueden observar oscuros filamentos de polvo, jóvenes cúmulos de estrellas azules brillantes, nebulosas de emisión roja de gas hidrógeno resplandeciente, una larga y brillante barra de estrellas que cruza el centro y un núcleo activo brillante que probablemente alberga un agujero negro supermasivo. La luz tarda unos 60 millones de años en llegarnos desde NGC 1672, que se extiende a lo largo de unos 75,000 años luz. NGC 1672, que se encuentra en dirección a la constelación del Dorado (el Pez Espada), ha sido estudiada para comprender cómo una barra espiral contribuye a la formación de estrellas en las regiones centrales de una galaxia.



NGC 2237

Imagen, credito y licencia: Harry Karamitsos

La Nebulosa Roseta, NGC 2237, no es la única nube cósmica de gas y polvo que evoca la imagen de flores, pero probablemente sea la más famosa. Situada en el borde de una gran nube molecular en Monoceros, a unos 5,000 años luz de distancia, los pétalos de esta rosa cósmica son en realidad un vivero estelar. La hermosa y simétrica forma está esculpida por los vientos y la radiación provenientes de su cúmulo central de estrellas jóvenes y calientes de tipo O. Las estrellas de este energético cúmulo, catalogado como NGC 2244, tienen solo unos pocos millones de años, mientras que la cavidad central de la Nebulosa Roseta tiene un diámetro de aproximadamente 50 años luz. La nebulosa puede observarse con un pequeño telescopio hacia la constelación de Monoceros, el Unicornio. Este retrato telescópico de apariencia natural de la Nebulosa Roseta fue creado utilizando filtros de color de banda ancha, pero a veces las rosas no son rojas.