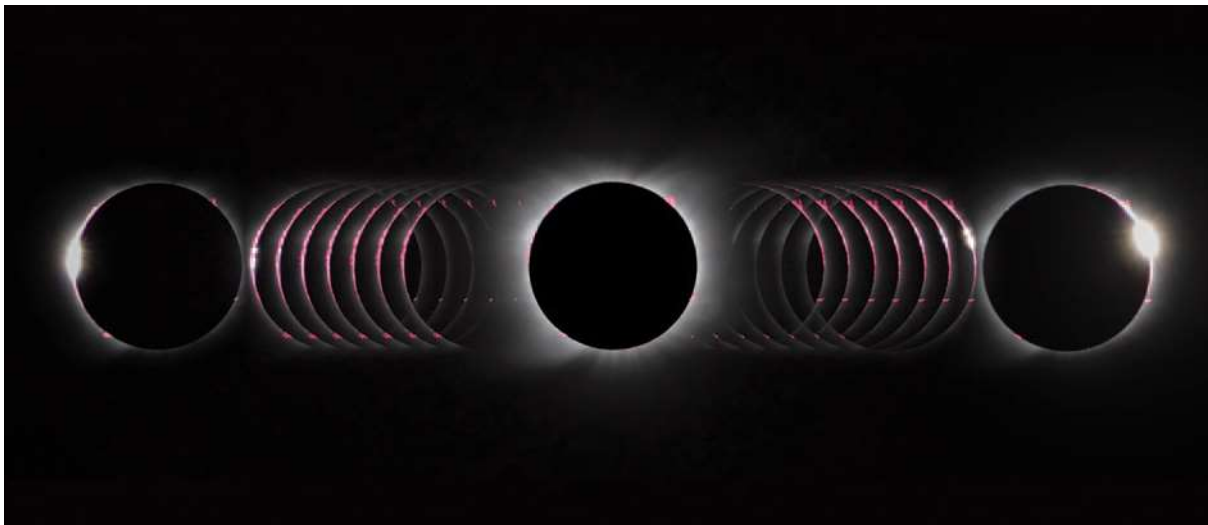


14 de diciembre de 2020

SORPRESAS DEL GRAN ECLIPSE PATAGÓNICO

Autor: Dr. Guillermo Abramson. Centro Atómico Bariloche, CONICET e Instituto Balseiro.
guillermoabramson.blogspot.com

01



G. Abramson

La participación de aficionados y especialistas fue menor que lo que hubiera ocurrido sin la pandemia del Covid-19, y en algunos lugares las condiciones climáticas también jugaron en contra. Sin embargo, a través del procesado de algunas imágenes pudo confirmarse algo que a simple vista también parecía insinuarse: una intensa actividad solar, entre otras sorpresas.

El eclipse solar total del 14 de diciembre de 2020, que cruzó la Patagonia norte en Chile y Argentina, fue un festín para unos pocos. Debido a las restricciones de viaje por el Covid-19, la mayoría de los aficionados extranjeros y de las expediciones científicas, que en cada eclipse acuden masivamente a la estrecha franja de totalidad, no pudieron concretar sus planes y cancelaron sus viajes. En Argentina los aficionados locales vivimos ansiosos las semanas anteriores, hasta que las autoridades de las diferentes provincias aseguraron que podríamos desplazarnos, con las protecciones sanitarias adecuadas. Fue un evento con participación mucho menos masiva que el eclipse de 2019, que convocó a millones de personas entre San Juan y Buenos Aires.

Chile y la cordillera amanecieron muy nublados y con lluvias el día del eclipse. La costa atlántica rionegrina, donde miles de curiosos y aficionados habían concurrido a Las Grutas y otras ciudades cercanas, también comenzó con ligera nubosidad, que en muchos lugares afortunadamente se disipó lo suficiente para el eclipse total. Como estaba pronosticado, los cielos fueron más

favorables hacia el oeste de la estepa patagónica.

Muchos viajamos a Piedra del Águila, una pequeña ciudad neuquina, en el valle del río Limay, que tenía el mejor pronóstico en cuanto a nubosidad. El cielo se presentó completamente despejado la mañana del eclipse. Para tener unos segundos más de totalidad nos desplazamos unos kilómetros al norte, cerca de la presa de Pichi Picún Leufú. Allí, en una playa de pescadores, preparamos el equipo fotográfico. Enormes matas de rosa mosqueta dieron cierta protección frente al proverbial viento patagónico, que arrasaba a 50 km/h con ráfagas de temporal. Pusimos en estación una pequeña montura ecuatorial para poder seguir el movimiento

01 Anillos de diamante justo antes del segundo contacto (derecha) y justo después del tercer contacto (izquierda), perlas de Baily (producidas por la luz solar colándose por los valles del relieve en el limbo lunar) y grandes prominencias en la cromósfera se destacaron durante el eclipse.



del Sol durante las horas del eclipse, y sobre ella la cámara. Todas las exposiciones se tomarían de manera automática. Solo quedaba disfrutar de la fase parcial del eclipse y observar con creciente ansiedad cómo la silueta de la Luna reptaba y cubría cada vez más el disco solar.

02 *El comienzo de la totalidad. La gran estructura oval arriba a la derecha en la corona es la eyección de masa coronal (CME). Esta imagen compuesta combina de manera digital 11 fotografías individuales, que cubren un gran rango de exposiciones para capturar tanto las zonas brillantes de la corona interior, así como las mucho más tenues de la corona exterior. La estrella 51 Oph es la que vemos cerca del borde de la eyección coronal; casi directamente arriba de ella está el cometa C/2020 X3.*

Totalidad

El eclipse fue magnífico. Solo quienes han estado a la sombra de la Luna durante un eclipse solar total comprenden que la diferencia entre un eclipse solar del 95% y un eclipse total no es 5%, ¡es 100%! Solo durante un eclipse solar total la Luna cubre completamente la superficie brillante del Sol, llamada fotosfera, y convierte el día en noche en un minuto. En un cielo azul oscuro de pronto aparecieron los planetas Mercurio y Venus junto al Sol, y la estrella Antares entre ellos. Del otro lado y un poco más lejos, los gigantes Júpiter y Saturno se abrazaban en su Gran Conjunción, que repiten apenas una vez cada 20 años. Y allí donde segundos antes había brillado el Sol, quedaba la oscura silueta de la Luna, rodeada de la fantasmal corona solar, la inmensa atmósfera del Sol, peinada en filamentos y pétalos por el campo magnético de la estrella.

El eclipse se vio muy distinto del de 2019. La corona aparecía más radialmente simétrica, con grandes prominencias rojas visibles a simple vista, todo alrededor del limbo lunar (Figura 01). Ambos fenómenos están relacionados con la salida del Sol de su más reciente mínimo de actividad (precisamente en 2019), y que ya ha comenzado su nuevo ciclo (el vigésimo quinto desde que tenemos registro), con creciente actividad en manchas, fulguraciones y otros fenómenos magnéticos. La corona, además, se veía de un rabioso blanco plateado, muy distinto del nacarado de 2019. Los 2 minutos de

totalidad terminaron demasiado rápido, como suele pasar.

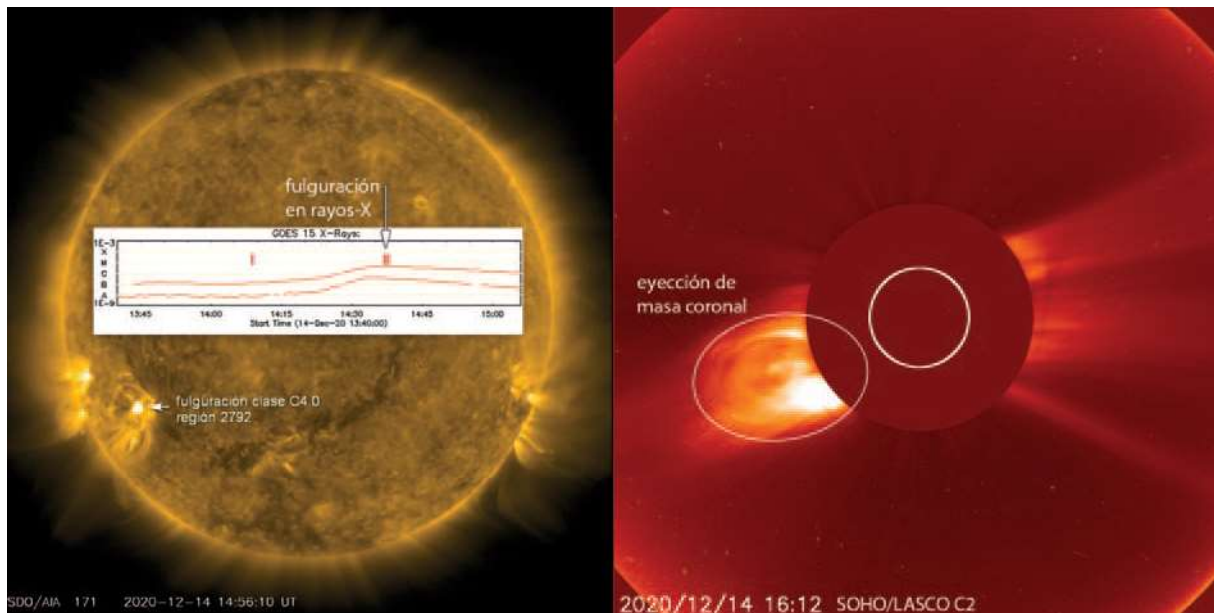
En la imagen de la corona (Figura 02) podemos ver sus filamentos, algunos de ellos cruzándose por efecto de perspectiva, ya que están dispuestos en tres dimensiones alrededor del Sol. Son producidos por el campo magnético solar en la materia ionizada de la corona. Alrededor de la silueta de la Luna se distinguen varias prominencias, eventos eruptivos de la cromósfera (todos ellos de tamaños mayores que la Tierra). Parecen llamaradas, pero vale la pena recordar que no son de fuego, ya que la materia del Sol no está ardiendo. El Sol brilla solo porque está muy caliente, un calor alimentado desde muy adentro, donde las reacciones de fusión nuclear liberan la energía que lo mantiene brillando de manera estable desde hace miles de millones de años, y que directa o indirectamente mantiene viva la Tierra y alimenta toda nuestra civilización tecnológica. Finalmente, vemos también la luz cenicienta, proyectada por nuestro planeta sobre la noche lunar, y que permite distinguir algunos de los mares de la Luna.

Las sorpresas del eclipse

El análisis de estas fotografías el día siguiente del eclipse reveló varias sorpresas. La corona solar mostraba una estructura en forma de lágrima (Figura 02): era el frente de choque de una eyección de masa coronal (EMC). Una rápida inspección de imágenes del *Solar and*

“El análisis de las fotos del eclipse reveló varias sorpresas. La corona solar mostraba una estructura en forma de lágrima y una eyección de masa coronal que había inflado una burbuja más grande que el Sol. Solo durante los eclipses solares totales se pueden observar estos y otros eventos que se propagan en la corona, alimentan el viento solar y llenan el espacio interplanetario.”

03



03 Los telescopios espaciales observaron los violentos eventos que dejaron su huella en la corona solar durante el eclipse. Izquierda: una imagen de radiación ultravioleta (171 Å, 600.000 K) del Solar Dynamics Observatory (NASA) muestra la actividad de la llamada región de transición, entre la cromósfera y la corona. La flecha señala la región activa 2792, donde había una pequeña mancha solar, en el momento en que la radiación aumenta por efecto de la fulguración. El gráfico sobreimpreso muestra el registro de rayos X hecho por el satélite GOES 15 (NOAA/NASA), con dos eventos singulares (flecha) en el momento de la fulguración. Derecha: el coronógrafo LASCO C2 (luz visible) a bordo del observatorio espacial SoHO (NASA/ESA) muestra la eyección a la hora aproximada en que el eclipse total cruzó la Patagonia (todas las horas se muestran en UT, 3 horas adelantada respecto de la hora argentina). El disco rojo es la máscara que oculta la superficie brillante del Sol, y el círculo blanco representa el disco solar. Todos estos observatorios registraron el evento con una cadencia de algunos minutos, y pueden buscarse en sus sitios web animaciones que lo muestran en movimiento.

NASA/SDO, NOAA/NASA/GOES, NASA/ESA/SoHO

Heliospheric Observatory (SoHO, un telescopio espacial solar de la NASA y la ESA) mostraba que efectivamente había habido una EMC (Figura 03). Se había originado en una fulguración de clase C4.0 (mediana), asociada con la región activa 2792 mientras comenzaba el eclipse parcial en nuestro sitio de observación.

Estas fulguraciones son eventos muy violentos, que liberan una enorme cantidad de energía del campo magnético solar en el plasma de la corona, y suelen producir estas inmensas eyecciones de materia. Cuando alcanzan la Tierra (dependiendo de la dirección en que se propagan en el espacio interplanetario, algo que no ocurrió en este caso), desatan eventos geomagnéticos al inter-

"Imágenes como estas muestran la importancia de la observación científica de los eclipses solares, aún en estos tiempos en que existen observatorios espaciales."

actuar con el campo magnético terrestre. Se produce una intensificación de las auroras polares y de la radiación en las capas superiores de nuestra atmósfera que afecta tanto las comunicaciones de radio, como los satélites artificiales y las tripulaciones de astronautas y de aeronavegación en regiones polares. Tormentas geomagnéticas particularmente intensas pueden afectar incluso estructuras en la superficie terrestre por inducción magnética, en particular las grandes redes de distribución eléctrica y los oleoductos. La previsión de estos eventos se ha convertido en una importante rama de la astronomía práctica, el *space weather* o clima espacial. Cuando comenzó nuestra totalidad, la eyección ya había inflado una burbuja más grande que el Sol en la corona. Existen instrumentos especializados llamados coronógrafos (como los que hay a bordo del SoHO, por ejemplo), que permiten producir eclipses artificiales para estudiar estos y otros eventos que se propagan en la corona, alimentan el viento solar y llenan el espacio interplanetario. Pero solo durante los eclipses solares totales podemos observar estas estructuras hasta sus regiones inferiores, donde se originan. Análisis como estos muestran la importancia de la observación científica de los eclipses solares, aún en estos tiempos en que existen observatorios espaciales.

La inspección de las fotos en la región de la eyección de masa coronal reveló otra sorpresa: ¡había un cometa! Durante el eclipse había revisado brevemente el cielo con binoculares en la región entre Mercurio y Venus en busca del cometa C/2020 S3 (Erasmus), que el día anterior había alcanzado su perihelio, y que muchos aficionados habían estado observando en el cielo de la madrugada en semanas anteriores mientras se acercaba al Sol. No pude verlo; pero aquí, mucho más cerca del Sol, había otro cometa, descubierto apenas el día antes por el aficionado tailandés Worachate Boonplod, en imágenes del SoHO. Este, el cometa C/2020 X3 (SoHO), pertenece a una familia de cometas (la familia Kreutz) que tienen órbitas muy parecidas y que, se conjetura, se originaron de un gran cometa que sufrió sucesivas fragmentaciones.

04

G. Abramson y NASA/ESA/SoHO





Al día de hoy los cometas de esta familia son la mayor parte de todos los cometas conocidos (3000 de 4000 cometas). Sus perihelios son muy cercanos al Sol, por lo que se los llama rasantes del Sol (*sungrazers*, en inglés), y la gran mayoría ha sido descubierta en las imágenes de los coronógrafos del observatorio SoHO.

Por lo que vimos, el pequeño cometa de nuestro eclipse se vaporizó antes de poder dar la vuelta al Sol. Solo los cometas más grandes de esta familia sobreviven a su perihelio. El más notable fue el Ikeya-Seki en 1965 (C/1965 S1), uno de los más brillantes de la historia. En años más recientes, el Lovejoy (C/2011 W3) también fue un gran cometa de esta familia observable a simple vista a fines de 2011.

Inusual racha de eclipses en territorio argentino

En 2018 no hubo ningún eclipse solar total, y tampoco habrá ninguno en 2022. En 2019 y 2020 hubo uno en cada año, y la franja de totalidad cruzó solamente los

territorios de Chile y Argentina. En una seguidilla muy inusual, el único eclipse solar total de 2021 también cruzará el territorio argentino, en la Antártida, el 4 de diciembre. El siguiente eclipse solar total en cruzar el territorio argentino será en 2048, también en la Patagonia. ■

04 *El cometa rasante del Sol C/2020 X3 (SoHO) puede verse como una rayita en fotos del eclipse (izquierda), así como en imágenes del SoHO (derecha) tomadas casi al mismo tiempo. En las películas de SoHO se puede ver cómo el cometa desaparece gradualmente al tiempo que se interna en el frente de choque de la eyección de masa coronal.*

05 *Durante el segundo contacto, perlas de Baily y grandes prominencias rojas, al tiempo que la corona ya se puede ver alrededor de toda la silueta de la Luna, producen un efecto de anillo con variadas piedras preciosas engarzadas.*