

El Gran Telescopio Milimétrico, orgullo de México

DAVID H. HUGHES

El Dr. David H. Hughes es Investigador Titular D en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y Director del Gran Telescopio Milimétrico. Preside la Junta de Gobierno de la colaboración *Event Horizon Telescope*. Es Investigador Nacional nivel 3 en el SNI e integrante de la Academia Mexicana de Ciencias.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

México, país de grandes telescopios
México es un país con innumerables recursos naturales, gran biodiversidad, con una geografía espectacular, de grandes montañas y rodeado por mares y océanos. Justamente son las altas montañas las que buscan los astrónomos para establecer telescopios, arriba en la atmósfera con poca humedad y nubes, y lejos de la contaminación de las ciudades. Un lugar ideal está en Sierra Negra, en la frontera de los estados de Puebla y Veracruz, a 4600 m de altura (Figura 1).

Ahí, después de la selección de este sitio en 1997, se empezó la construcción del Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM). Su nombre es en memoria del astrónomo mexicano que impulsó este extraordinario proyecto de construir un radiotelescopio, diseñado y construido para realizar observaciones en longitudes de onda en la banda de un milímetro, mucho mayor que la de la luz visible, reconocido mundialmente por ser la antena parabólica para radioastronomía más grande del mundo por sus 50 metros de diámetro.

El reto de construir un gran telescopio

a esa altura implicó muy importantes desarrollos tecnológicos de empresas nacionales y trajo a la comunidad no solamente una fuente de trabajo, sino un motivo de orgullo. Ha sido fuente de inspiración para las niñas y los niños de pueblos cercanos, que dibujan imágenes del telescopio y hablan sobre el universo y sus orígenes. El GTM también ha despertado vocaciones en jóvenes, que han escogido profesiones científicas afines a tan importante proyecto.

Colaboración internacional

Los grandes retos científicos de la humanidad se enfrentan a través de colaboraciones internacionales que permiten unir esfuerzos para causas universales, como es el conocimiento. En el caso del GTM, es una exitosa colaboración científica y tecnológica binacional entre México y Estados Unidos, activa por ya tres décadas (desde 1994). El GTM es liderado por un equipo de investigadoras e investigadores en astrofísica e instrumentistas científicos contratados por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), Centro Público de Investigación del Gobierno Federal, y la Universidad de Massachusetts Amherst (UMass) (Figura 2).

trallas, planetas y agujeros-negros que eventualmente forman las estructuras de la galaxias grandes y pequeñas, locales y distantes. Por eso en el GTM se desarrolla una amplia gama de estudios de investigación innovadores, que buscan comprender la historia de la formación y evolución del Universo en todas las épocas cósmicas.

Además, en una colaboración global, los telescopios milimétricos más grandes del mundo en diferentes latitudes en el planeta, incluyendo el GTM, se reunieron en una red para construir el llamado "Event Horizon Telescope" (EHT) llamado así por el punto sin retorno de los hoyos (agujeros) negros.

En 1915 Einstein publicó su Teoría General y Relatividad y nos enseñó que no debemos pensar en la gravedad como una fuerza de atracción entre objetos con masa, sino que las trayectorias y el movimiento de los objetos y la luz misma se deben a la distorsión geométrica del tejido del espacio y el tiempo por el que viajamos. Poco después, el matemático y astrofísico alemán Karl Schwarzschild encontró una solución matemática a las famosas ecuaciones de Einstein que predicaban la presencia de singularidades en el Universo: objetos tan pequeños, pero



tamaño de nuestro sistema solar. El propósito del EHT es crear un telescopio virtual con el diámetro del planeta y tomar imágenes que confirmen la existencia física de singularidades y de los agujeros negros, los objetos más enigmáticos y exóticos del Universo. Cien años después de esta teoría de Eins-

te, notable que la ciencia mexicana haga la primera plana de un periódico de otro país. Fuente: <http://www.nytimes.com/2015/06/09/science/black-hole-event-horizon-telescope.html?hp&action=click&pgtype=Homepage&module=photo-spot-region®ion=top-news&WT.nav=top-news>

ondas milimétricas que eventualmente produjeron esta imagen icónica de la sombra de un agujero negro.

EL EHT ha sido capaz de realizar observaciones en longitudes de onda milimétricas con grandes logros mundiales de alto impacto muy recientes, a través de los cuales se lograron las primeras imágenes visuales de la sombra (el horizonte de sucesos) de dos agujeros negros supermasivos, el M87* y Sgr A*, que se encuentran en el centro de la galaxia M87 en el cúmulo de Virgo y en el centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, respectivamente.



FIGURA 4. SHEPHERD Doeleman (Director Fundador del EHT), sentado a la izquierda, con otros científicos mexicanos (David Hughes - Director del GTM, David Sánchez-Argüelles y Arturo Gómez-Ruiz) durante una conversación en la sala de control del Gran Telescopio Milimétrico. Crédito: *Meridith Kohut for The New York Times*

Esta colaboración entre 8 a 11 radiotelescopios y de más de 300 investigadores de África, Asia, Europa, Norte y Sudamérica, produjo la primera foto, publicada en abril 2019, de un hoyo negro en una galaxia lejana (a una distancia de 55 millones de años luz), la galaxia Messier 87 (figura 5) en el centro del cúmulo de Virgo. Este paso abrió una nueva era de investigaciones para la astrofísica de los hoyos negros y nuestra comprensión de la física en los lugares más extremos de todo el Universo.

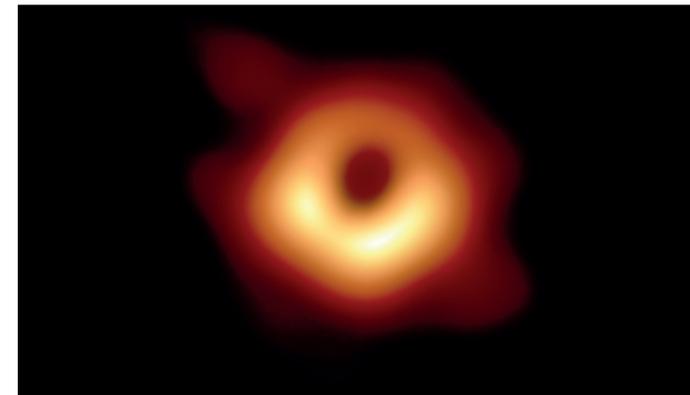


FIGURA 5. PRIMERA imagen de un hoyo negro, 10 de abril 2019, en el centro de la Galaxia M87. Datos sobre el EHT <https://eventhorizontelescope.org/press-release-april-10-2019-astronomers-capture-first-image-black-hole>



FIGURA 6. PREMIO Breakthrough 2020 y la Medalla Einstein 2020 recibidos por los investigadores del GTM, INAOE y la UNAM que participaron en el EHT.

EL GTM, orgullo de México

La importancia y el reconocimiento internacional del impacto científico de la primera imagen del horizonte de sucesos de M87* que proporciona potentes pruebas de la teoría general de la relatividad de Einstein, llevó el otorgamiento del Premio Breakthrough 2020 y la Medalla Einstein 2020 entre otros, que incluyó a todos los colaboradores del *Event Horizon Telescope*, cerca de 300 investigadores, incluidos científicos mexicanos del GTM, el INAOE y la UNAM (Figura 6).

Además esta imagen, la sombra de un hoyo negro rodeada por un anillo de luz en la longitud de onda milimétrica, fue reconocida como el resultado científico más impactante en 2019 por la revista *Science* entre otros (<https://vis.sciencemag.org/breakthrough2019/finalists/#/Darkness-made-visible>).

Es importante mencionar que en el siguiente año el premio Nobel de física 2020 fue otorgado a Roger Penrose, Reinard Genzel y Andrea Ghez por ser pioneros en el estudio de los hoyos negros predichos por la Teoría General de la Relatividad y por la existencia de un cuerpo supermasivo en el centro de nuestra Galaxia (<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2020/summary/>).

Financiamiento

Históricamente, el financiamiento para el diseño, construcción, operación científica y desarrollo tecnológico del GTM ha proveni-

do de fuentes del gobierno federal, tanto de México como de Estados Unidos, a través del CONACYT y la *National Science Foundation* respectivamente. Esta inversión financiera binacional total a la fecha es del orden de los \$250 millones de dólares, con una importante contribución mexicana (cerca del 70%), cuya intención original siempre fue desarrollar infraestructura científica y recursos humanos de alto valor científico. Esta aportación ha impactado en oportunidades excepcionales de desarrollo de talento humano en nuevas tecnologías, materiales y detectores en instrumentación científica, talento astrofísico y computacional, pero también en nuevos procesamiento de información.



FIGURA 7. CIENTÍFICOS de Telescopio de Horizonte de Eventos, el 11 de abril de 2019, el día después de la publicación de la primera imagen de un hoyo negro.

Desde octubre de 2018, el costo de la operación científica y el mantenimiento de la infraestructura del telescopio, incluidos los salarios de más de 50 ingenieros, técnicos y personal sustantivo de apoyo de tiempo completo en el GTM, han sido financiados por un proyecto de investigación que CONACYT aportó en el 2018 de \$150 millones de pesos, al que se sumó una contribución directa del presupuesto del INAOE y la UMass. La fecha de terminación de este financiamiento del gobierno federal mexicano será en 5 meses, el 31 de agosto de 2024, con base en los términos y lineamientos de la asignación de recursos por parte del CONAHCYT actual. Dicha terminación genera una gran incertidumbre sobre el mecanismo de financiamiento para la futura operación del telescopio y sus actividades científicas y de mantenimiento y desarrollo de la infraestructura. El GTM corre el riesgo de perder el talento humano que ha acumulado décadas de experiencia científica, técnica y de ingeniería, además de perder sus compromisos de colaboración y apoyo de comunidades internacionales de primer nivel. El equipo binacional de gestión del GTM ahora está buscando urgentemente oportunidades para identificar nuevos fondos que garanticen el futuro científico y la operación y desarrollo de nuevas capacidades del telescopio, así como proteger la importante inversión binacional ya realizada para construir una infraestructura científica única de clase mundial en México.

Esta imagen simple de un hoyo negro (Fig.7), con la participación de México y el Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano, es una demostración de la ambición científica mexicana al público y una fuente de inspiración por los jóvenes mexicanos para seguir una educación científica y tecnológica. Muchos investigadores y académicos se han unido a solicitar a la Secretaría de Hacienda y al CONAHCYT que continúe el apoyo a este gran proyecto, orgullo de México. Sin embargo, es muy importante compartir esta información con la sociedad mexicana porque este es un proyecto de todas y todos, que no se ha transmitido en toda su importancia y significado. En épocas difíciles de la humanidad, acciones que nos unen en la paz deben de ser promovidas por el bien común.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

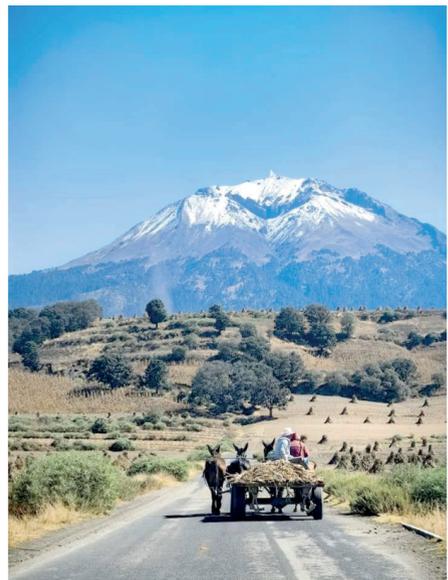


FIGURA 1. EL GTM corona el volcán de Sierra Negra, con una altura de 4600 m.s.n.m., en el estado de Puebla.



FIGURA 2. EL GTM trabaja a toda su capacidad, con un reflector primario de 50 metros de diámetro, a partir de 2018.

Dado que el GTM puede ver la luz del universo en longitudes de onda miles de veces más largas que la luz óptica que recibimos con nuestros ojos, el telescopio tiene una vista transparente de las regiones más frías, polvorientas, ricas en gas y oscuras del universo. Estas son las mismas regiones del medio interestelar donde podemos encontrar evidencia del inicio de la creación de los jóvenes es-

tan masivos que el espacio-tiempo podría crear regiones, horizontes de sucesos, de los cuales ni siquiera la luz podía escapar, creando los agujeros negros. El más masivo de estos agujeros negros que se encuentran en los centros de las galaxias tiene una masa de miles de millones de veces superior a la masa de nuestro sol, y toda esa masa y energía están contenidas en una región que es sólo del

teín, en 2015, nuestro GTM hizo la portada del New York Times (Figuras 3 y 4), como un "cazador de hoyos negros", y luego dos años después en abril 2017, la colaboración del EHT comenzó las primeras observaciones, con la técnica de interferometría de línea de base muy larga (VLBI en sigla inglés), para conectar todos los radiotelescopios involucrados, para grabar los datos en longitudes de



ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: <https://acmor.org/>
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: coord.comite.editorial.acmor@gmail.com