



DESDE EL CORAZÓN DEL ESTADO

La Gobernación se cuenta

Año 3 Ciudad del Vaticano Número 1

TRIMESTRAL ENERO-MARZO 2026

Publicado por la Gobernación del Estado de la Ciudad del Vaticano

Comunicación Institucional
00120 Ciudad del Vaticano
(Estado de la Ciudad del Vaticano)

Correo electrónico: comunicazione@scv.va
Sitio web: www.vaticanstate.va

X (Twitter): @Governatorato_SCV
Instagram: Governatorato_SCV

Responsable editorial: Nicola Gori
Gráfica e layout: Antonio Coretti

Editor: Gobernación del Estado de la Ciudad del Vaticano



DESDE EL CORAZÓN DEL ESTADO

La Gobernación se cuenta

LA SPECOLA VATICANA:
CIENCIA Y FE EN DIÁLOGO

NICOLA GORI

PAG. 4

NO SOLO CIENCIA,
SINO TAMBIÉN CULTURA Y EDUCACIÓN

SOR RAFFAELLA PETRINI

PAG. 5

UN OBSERVATORIO ASTRONÓMICO EN
TRANSICIÓN

P. RICHARD D'SOUZA, SJ

PAG. 6

EN LOS ORÍGENES DEL UNIVERSO: LA
SPECOLA VATICANA EN LA FRONTERA DE
LA FÍSICA

P. GABRIELE GIONTI, SJ

PAG. 8

EL VATT: TRIENTA AÑOS DE EXCELENCIA
ASTRONÓMICA VATICANA

P. CHRIS CORBALLY, SJ

PAG. 10

LA COLECCIÓN DE METEORITOS
DEL VATICANO

FR. BOB MACKE, SJ

PAG. 12

EL DIÁLOGO ENTRE CIENCIA Y FE:
HERENCIA Y NUEVOS DESAFÍOS

P. JOSÉ GABRIEL FUNES, SJ

PAG. 14

LA METEOROLOGÍA
EN LA SPECOLA VATICANA

P. BAYU RISANTO, SJ

PAG. 16

SPECOLA VATICANA:
UN MES CON LOS JÓVENES
ASTRÓNOMOS DEL FUTURO

P. DAVID BROWN, SJ

PAG. 18

DISCURSO DEL SANTO PADRE LEÓN XIV
A LOS PARTICIPANTES EN LA ESCUELA DE
VERANO DE ASTROFÍSICA PROMOVIDA
POR LA SPECOLA VATICANA

SU SANTIDAD EL PAPA LEÓN XIV

PAG. 20

ACOGIDA EN LA SPECOLA VATICANA

P. JACEK OLCZYK, SJ

PAG. 21

EXOPLANETAS:
¿ESTAMOS SOLOS EN EL UNIVERSO?

P. RICHARD D'SOUZA, SJ

PAG. 23

ÍNDICE

LA SPECOLA VATICANA: CIENCIA Y FE EN DIÁLOGO

Dedicar un número de la newsletter a la Specola Vaticana es una manera de invitar a descubrir una realidad que a menudo resulta poco conocida. Se trata de un organismo científico vinculado a la Gobernación que pone su potencial científico al servicio del Papa. Sus orígenes se remontan a 1578, cuando el papa Gregorio XIII mandó construir en el Vaticano la Torre de los Vientos e invitó a los jesuitas astrónomos y matemáticos del Colegio Romano a preparar la reforma del calendario que posteriormente sería promulgada en 1582.

Es, sin duda, uno de los observatorios astronómicos más antiguos del mundo. Fundada oficialmente en 1891 por León XIII, la Specola Vaticana representa la voluntad de los Pontífices de promover la investigación científica y el diálogo entre fe y ciencia.

De hecho, a lo largo de los siglos, el deseo de desarrollar un organismo científico dedicado a la observación del cielo y a profundizar en el conocimiento del Universo llevó a la instalación de diversos instrumentos científicos en los palacios vaticanos.

Con la expansión de la urbanización de Roma y el aumento de la iluminación de la ciudad, en 1935 la Specola Vaticana fue trasladada a las Villas Pontificias de Castel Gandolfo, donde existían mejores condiciones para la observación del cielo. Con el incremento de la contaminación lumínica se percibió la necesidad de encontrar un lugar aún más adecuado y, en 1981, se abrió un segundo

centro de investigación, el Vatican Observatory Research Group (VORG), en Tucson, Arizona, en los Estados Unidos de América. En 1993, en colaboración con el Observatorio Steward, se concluyó la construcción del Telescopio Vaticano de Tecnología Avanzada (VATT), instalado en el Monte Graham (Arizona), considerado el mejor emplazamiento astronómico del continente norteamericano.

La Specola Vaticana está confiada al cuidado de la Compañía de Jesús, que pone a disposición astrónomos procedentes de distintos países del mundo. Estos se dedican a la investigación y al estudio de galaxias y estrellas, pero también a la cosmología y a la composición de los meteoritos. Además de la investigación científica, la Specola desempeña también un importante papel educativo y cultural, organizando conferencias, escuelas de verano y programas de colaboración con universidades y centros de investigación internacionales.

Por ello, la Specola Vaticana no es un simple observatorio, sino un puente entre dos dimensiones: la investigación científica y la reflexión espiritual. Para los astrónomos de la Specola, en efecto, no se trata solo de estudiar el Universo desde un punto de vista científico, sino también de interrogarse sobre el papel de la humanidad en el cosmos.

En este sentido, la Specola Vaticana representa una tradición secular: la de una Iglesia que, mientras custodia la fe, contempla con respeto los descubrimientos de la ciencia.

Nicola Gori
La Redacción

NO SOLO CIENCIA, SINO TAMBIÉN CULTURA Y EDUCACIÓN

El papel de la Specola Vaticana en el panorama científico y cultural contemporáneo va más allá de la mera actividad de observación astronómica. Representa un espacio de encuentro entre la ciencia y la fe. En una época en la que los descubrimientos y el progreso científico avanzan a un ritmo cada vez más acelerado, la presencia de la Specola Vaticana testimonia la voluntad de la Iglesia de participar en el diálogo con el saber moderno.

Por lo demás, la investigación astronómica ha estado siempre vinculada, por su propia naturaleza, a los interrogantes que la humanidad se plantea desde antiguo: el origen del universo, su estructura, el destino de las estrellas y de las galaxias. Ante la inmensidad de la bóveda celeste, la reflexión científica, por una parte, y la reflexión filosófica o teológica, por otra, no se excluyen mutuamente, sino que pueden encontrar una fecunda complementariedad.

En este sentido, la Specola Vaticana no pretende ofrecer respuestas teológicas a problemas científicos ni utilizar la ciencia para demostrar verdades de fe. Su propósito es, sobre todo, promover una actitud de apertura, de búsqueda y de objetividad intelectual.

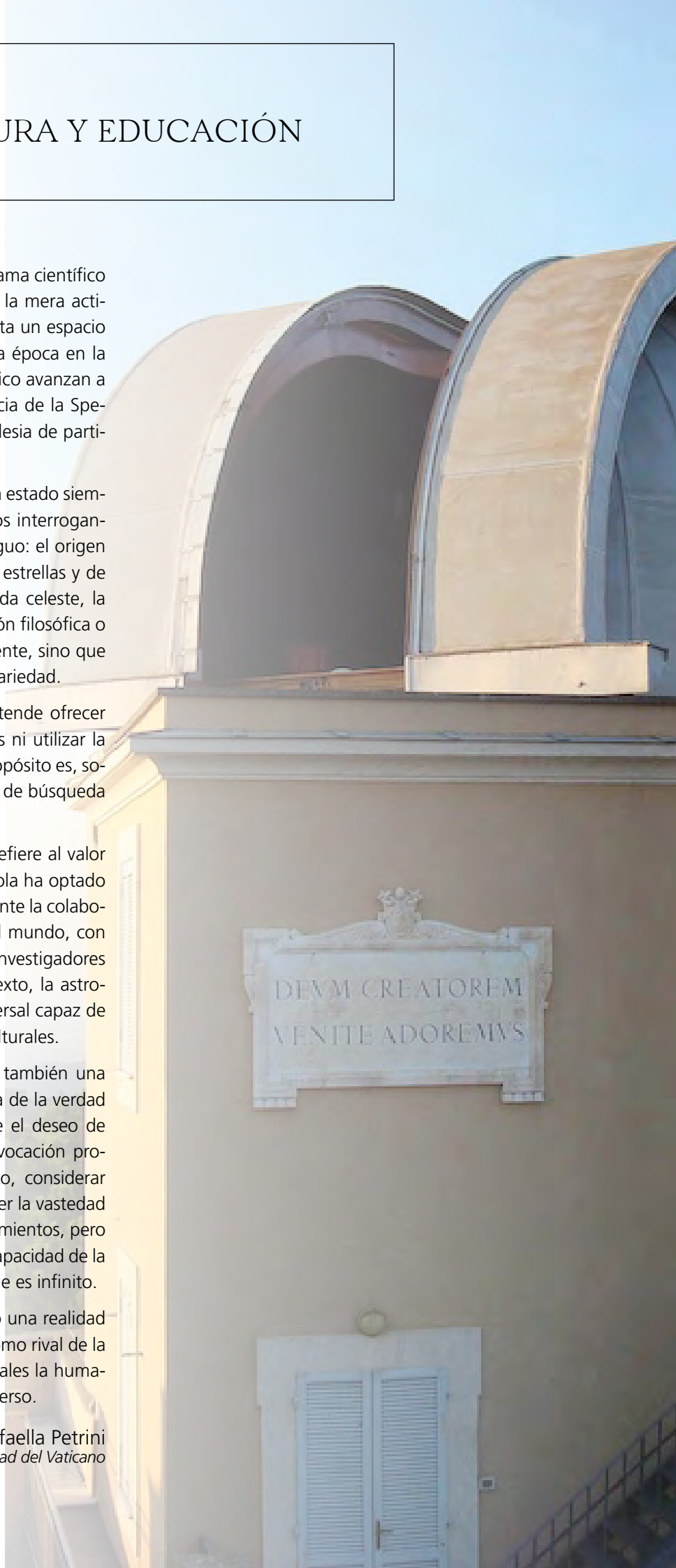
Otro aspecto fundamental de su misión se refiere al valor cultural y educativo de su actividad. La Specola ha optado por integrarse en el ámbito académico mediante la colaboración con diversas universidades de todo el mundo, con el fin de fomentar la formación de jóvenes investigadores y difundir la cultura científica. En este contexto, la astronomía adquiere el valor de un lenguaje universal capaz de superar fronteras geográficas, religiosas y culturales.

Por último, la Specola Vaticana desempeña también una función simbólica. Recuerda que la búsqueda de la verdad se realiza a través de diversas formas y que el deseo de comprender el Universo forma parte de la vocación profunda del ser humano. Conviene, por tanto, considerar que contemplar las estrellas significa reconocer la vastedad del cosmos y la limitación de nuestros conocimientos, pero también dar testimonio de la extraordinaria capacidad de la inteligencia humana para explorar aquello que es infinito.

Por ello, la Specola Vaticana continúa siendo una realidad en la que la ciencia puede considerarse no como rival de la fe, sino como uno de los caminos por los cuales la humanidad busca comprender el misterio del Universo.

Sor Raffaella Petrini

Presidenta de la Gobernación del Estado de la Ciudad del Vaticano



UN OBSERVATORIO ASTRONÓMICO EN TRANSICIÓN



P. Richard D'Souza, SJ
Director de la Specola Vaticana

La actividad astronómica de la Santa Sede no constituye una excepción histórica, sino la culminación de una tradición plurisecular cuyas raíces se remontan a la reforma gregoriana del calendario. Cuando el papa León XIII refundó la Specola Vaticana en 1891 mediante el motu proprio *Ut mysticam*, su intención principal era mostrar “*que quede claro para todos que la Iglesia y sus Pastores no se oponen a la verdadera y sólida ciencia, tanto humana como divina, sino que la abrazan, la alientan y la promueven con todo el empeño posible*”. Desde el perfeccionamiento del calendario eclesiástico para preservar la unidad de la Iglesia, la misión de la Specola ha evolucionado hasta convertirse hoy en un signo visible de que ciencia y fe avanzan juntas, haciendo buena ciencia.

La historia de la Specola ha estado marcada por la necesidad de preservar la integridad de las observaciones científicas. Inicialmente alojada dentro de las murallas vaticanas, fue trasladada por el papa Pío XI a Castel Gandolfo para escapar de las luces cada vez más intensas de Roma. En 1935, la nueva sede —dotada de dos telescopios instalados en las cúpulas y de un moderno laboratorio espectroquímico en el sótano— fue inaugurada por el propio Pío XI. Durante las décadas de 1940 y 1960 se construyeron otros telescopios en los Jardines Vaticanos, en las proximidades de la Villa Barberini. En los años setenta se hizo evidente que la contaminación lumínica de Roma y de los Castelli Romani dificultaba cada vez más las observaciones telescópicas. En 1981, bajo la dirección del entonces director, el padre George Coyne, la Specola estableció una segunda sede en Tucson, Arizona, y construyó un telescopio en la misma región, concretamente en el Monte Graham. En 2009, la Specola Vaticana se trasladó al antiguo convento de las Hermanas Basilianas, situado en el límite de los Jardines Vaticanos, cerca de la plaza principal de Albano Laziale. Desde esta nueva sede, los astrónomos pueden hoy recoger y procesar no solo los datos procedentes del telescopio de Tucson, sino también los generados por telescopios ubicados en otros lugares remotos y oscuros del planeta.

La actual estructura operativa de la Specola, bajo la administración de la Gobernación del Estado de la Ciudad del

Vaticano, se articula en cuatro ámbitos fundamentales:

- A) **Investigación pura:** análisis de datos, publicaciones peer-reviewed y participación en simposios internacionales.
- B) **Diálogo interdisciplinar:** promoción del encuentro entre el pensamiento teológico y los descubrimientos astrofísicos.
- C) **Cooperación internacional:** apoyo al desarrollo de la astronomía en los países en vías de desarrollo mediante la conocida escuela de verano bienal y la beca McCarthy-Stoeger.
- D) **Divulgación y alta formación:** organización de conferencias científicas en las instalaciones de Castel Gandolfo.

La gestión del personal, desde 1930, está confiada a la **Compañía de Jesús**, lo que garantiza una singular síntesis entre rigor académico y misión pastoral. El cuerpo de investigadores —compuesto por catorce jesuitas, sacerdotes y hermanos, repartidos entre Castel Gandolfo y Tucson— abarca un amplísimo espectro de competencias científicas. No cabe duda de que existe un cierto atractivo en un observatorio gestionado por una comunidad de sacerdotes científicos, y es precisamente este rasgo el que distingue al Observatorio Vaticano de otras instituciones científicas.

Es casi innecesario subrayar que la investigación científica constituye la base y el fundamento de todo lo que realizamos. Es ella la que nos otorga la autoridad necesaria para dialogar con astrónomos y científicos de todo el mundo. ¿En qué trabaja actualmente la Specola? A partir de la década de 1980, los investigadores de la Specola comenzaron a diversificar sus campos de estudio, convirtiéndose cada uno en especialista en un ámbito distinto y ampliando así la presencia de los astrónomos jesuitas en prácticamente todas las ramas de la astronomía. El padre Gabriele Gionti SJ y don Matteo Galaverni trabajan en física teórica y estudian las fases iniciales del universo —los primeros instantes tras el Big Bang— y la posibilidad de identificar huellas de aquellos acontecimientos en los datos observacionales. Don Alessandro Omizzolo estudia los cúmulos de galaxias junto con colegas de Padua. Yo mismo investigo la historia y la evolución de las galaxias cercanas, similares en tamaño a la Vía Láctea. El padre Richard Boyle SJ, a sus

83 años, continúa realizando observaciones con nuestro telescopio en Arizona; junto con el padre Robert Janusz SJ, estudia los cúmulos abiertos —grupos de estrellas jóvenes nacidas juntas en nuestra galaxia— en colaboración con un equipo de la Universidad de Vilna. El padre Boyle es, además, junto con su colaborador, un prolífico descubridor de nuevos asteroides.

El padre Chris Corbally SJ es experto en espectros estelares y en su clasificación, continuando la tradición científica inaugurada por el padre Angelo Secchi. El padre David Brown SJ trabaja con colegas de Potsdam en el estudio de espectros estelares de alta resolución. El hermano Guy Consolmagno SJ y el hermano Bob Macke SJ investigan las propiedades físicas de los meteoritos, rocas procedentes del espacio. Sus mediciones ayudan a comprender los procesos de formación de nuestro Sistema Solar. El hermano Macke participó en la misión de la NASA OSIRIS-REx, que visitó un asteroide situado a millones de kilómetros de distancia y trajo muestras a la Tierra, cuyo análisis en laboratorio él mismo contribuyó a realizar.

El padre Jean-Baptiste Kikwaya SJ estudia las propiedades físicas de los meteoros —o estrellas fugaces— y de los asteroides en órbita cercana a la Tierra. El padre Paul Gabor SJ es especialista en historia de la astronomía. Por último, el padre Bayu Risanto ha iniciado recientemente el trabajo de la Specola en el ámbito de la meteorología, centrado en el estudio y la previsión de los modelos atmosféricos.

¿Por qué es importante que el Vaticano continúe manteniendo un observatorio? Gracias a la amplitud de los campos que abarca, la Specola Vaticana goza de una elevada reputación internacional, no solo por la calidad de su investigación, sino también por la contribución que ofrece a la comunidad astronómica y científica. Nuestro compromiso en el seno de la Unión Astronómica Internacional es muy valorado. Además, pese a sus dimensiones reducidas y a su presupuesto limitado, la Specola continúa aportando una notable visibilidad positiva al Vaticano: los descubrimientos astronómicos siempre despiertan un profundo interés

en el gran público y generan rápidamente una atención mediática favorable. El hecho de que el Vaticano disponga de un observatorio de primer nivel y mantenga un telescopio en uno de los mejores lugares de observación del mundo expresa con claridad el compromiso de la Iglesia con las ciencias. En última instancia, el mantenimiento de un observatorio de excelencia no es solo una opción cultural, sino también un poderoso instrumento de soft power. Comunica el compromiso constante de la Iglesia con el progreso del conocimiento humano, reafirmando que la búsqueda de las leyes que gobiernan el universo constituye un camino complementario —y nunca antagónico— a la búsqueda de lo divino.

Hoy la Specola se encuentra en una fase de transición. Tras diez años al frente de la institución, el hermano Guy Consolmagno SJ ha dejado el cargo de director. No obstante, continuará desempeñando su labor como presidente de la *Vatican Observatory Foundation* en Estados Unidos, encargada de la recaudación de fondos para el mantenimiento de nuestro telescopio en Arizona. Al mismo tiempo, estamos formando a la próxima generación de astrónomos jesuitas que trabajarán en la Specola, además de introducir cambios estratégicos para adaptarnos a las profundas transformaciones que atraviesa la comunidad astronómica, donde cada vez más experimentos se realizan en el marco de grandes colaboraciones internacionales y los datos se ponen gratuitamente a disposición de la comunidad académica.

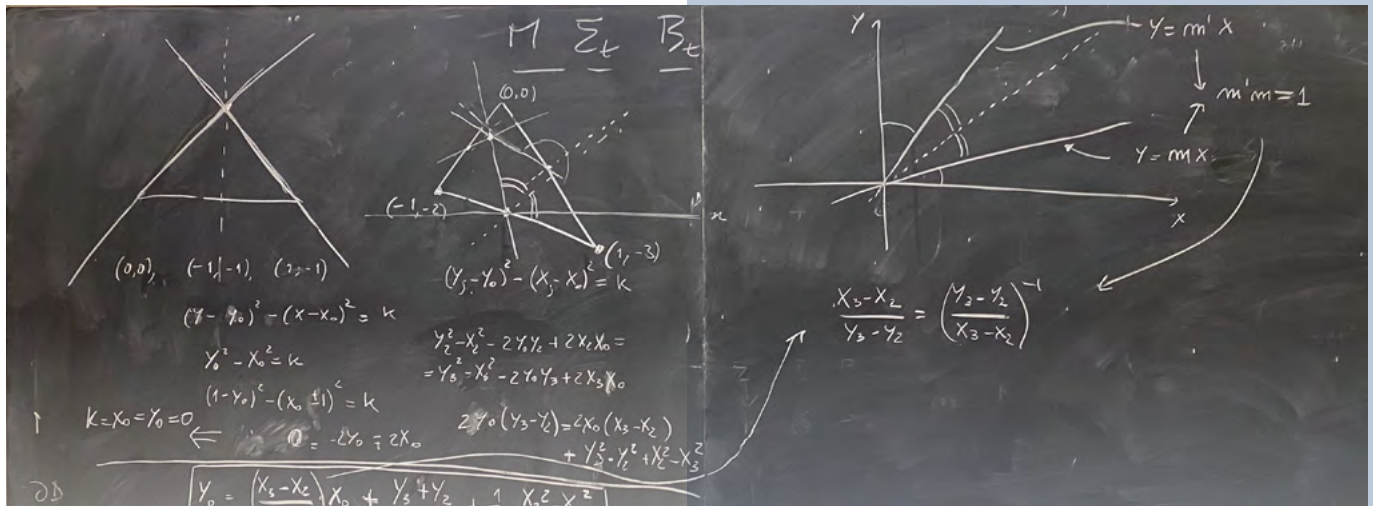
Estos cambios comportan numerosos desafíos, pero también grandes oportunidades. Vivir en la primera línea de la investigación científica significa evolucionar cada día, aprender nuevos métodos y asumir nuevas tareas, empujando constantemente los límites del conocimiento humano. De este modo esperamos que, a través de nuestra vida dedicada a la investigación, podamos seguir siendo fieles a la misión confiada por el papa León XIII: mostrar al mundo y a la Iglesia que fe y ciencia pueden coexistir.



EN LOS ORÍGENES DEL UNIVERSO: LA SPECOLA VATICANA EN LA FRONTERA DE LA FÍSICA



P. Gabriele Gionti, SJ
Vicedirector de la Specola Vaticana



Hay algo en la teoría del Big Bang que la ciencia moderna todavía no logra describir: el instante inicial, un acontecimiento situado por debajo del llamado “umbral de Planck”, un intervalo de tiempo extremadamente pequeño comprendido entre 0 y 10^{-44} segundos, es decir, 0 coma seguido de cuarenta y cuatro ceros antes de una cifra distinta de cero. Imaginemos un universo comprimido en un punto infinitamente pequeño, denso y caliente como un átomo —como pensaba Mons. Georges Lemaître— o como el núcleo de una estrella en el momento culminante de su explosión: una condición tan extrema que las leyes de la física que utilizamos cotidianamente —como la gravedad de Isaac Newton o la relatividad de Albert Einstein— simplemente dejan de funcionar. Es un verdadero “silencio matemático”, un vacío de conocimiento comparable a un agujero negro conceptual. Precisamente hacia ese punto dirige su investigación el grupo de físicos teóricos de la Specola Vaticana.

1. Reescribir las reglas fundamentales del universo

Dirigido por el padre Gabriele Gionti, S.J., el equipo trabaja en el ámbito de la gravedad cuántica, el gran proyecto de unificar la mecánica cuántica —que describe el mundo microscópico de los átomos y partículas— con la relatividad general, que gobierna las estrellas, las galaxias y la estructura del cosmos.

Su enfoque se basa en la llamada gravedad discreta: el espacio-tiempo no sería un tejido continuo y uniforme,

sino una especie de mosaico formado por unidades discretas, comparable a los píxeles de una pantalla o a los bloques de construcción de un castillo de Lego.

La idea original se remonta a la década de 1960, gracias al físico italiano Tullio Regge. Hoy se desarrolla mediante matemáticas avanzadas y potentes simulaciones computacionales. En el centro del problema se encuentra el integral de caminos formulado por el físico y premio Nobel Richard Feynman. Para predecir cómo se mueve una partícula cuántica, es necesario sumar todas las trayectorias posibles que podría haber seguido —no solo la línea recta, sino también todas las trayectorias curvas o aparentemente improbables—. Cada trayectoria recibe un “peso” matemático, llamado medida cuántica. En el caso de la gravedad, ese peso —técnicamente el determinante de Faddeev-Popov— no había podido derivarse de manera satisfactoria, lo que durante años generó debates sin resolver dentro de la comunidad científica. Las simulaciones numéricas ofrecían resultados ambiguos.

El avance llegó gracias al método simplicial con coordenadas, desarrollado por el profesor Alessandro D’Adda (fallecido en 2023 y director de la tesis doctoral de Gionti). El procedimiento consiste en dividir el universo en pequeños triángulos —llamados simplices— y asignar coordenadas a cada vértice, estableciendo así un sistema de referencia para cada uno de esos triángulos. Esta primera etapa corresponde aún al ámbito de la física clásica.

Gionti introdujo posteriormente esta idea en el contexto cuántico. Para calcular el peso del integral de Feynman se selecciona una determinada clase de sistemas de referencia en cada triángulo —lo que se denomina gauge fixing, un procedimiento matemático para fijar la perspectiva adecuada— y se determina así el peso exacto de las trayectorias. El resultado es notable: ahora es posible simular el instante inicial del Big Bang respetando las reglas de la física cuántica y obteniendo resultados internamente coherentes. Es como pasar de una imagen meteorológica borrosa a una previsión precisa.

2. Recuperar el tiempo real

Otro enigma fundamental surge del tratamiento del tiempo en muchos modelos físicos. Para simplificar los cálculos, numerosos físicos utilizan la llamada métrica euclidiana, en la que el tiempo se trata como una cuarta dimensión espacial y todas las distancias resultan positivas, como en un mapa. Sin embargo, esta simplificación no refleja la realidad física. Einstein mostró que el espacio y el tiempo no son equivalentes. En la llamada signatura de Minkowski, las distancias espacio-temporales pueden adoptar valores negativos en comparación con las distancias puramente espaciales, algo imposible en el espacio euclidiano.

El padre Gionti propone reconstruir la teoría de la gravedad discreta partiendo de esta física real, sin recurrir a artificios como la rotación de Wick, un procedimiento matemático utilizado para transformar artificialmente la signatura de Minkowski en una forma más manejable. De este modo, las distancias en el espacio-tiempo recuperan su naturaleza física: pueden ser: time-like (de tipo temporal, asociadas a movimientos por debajo de la velocidad de la luz), space-like (de tipo espacial, posibles matemáticamente pero incompatibles con la física porque implicarían velocidades superiores a la luz), o light-like (de tipo luminoso, correspondientes al movimiento a la velocidad de la luz).

Es como pasar de una fotografía plana a un modelo tridimensional interactivo: más complejo de construir, pero fiel a la realidad. En la comunidad científica, lograr una teoría de gravedad discreta con tiempo real se considera una especie de “Santo Grial”.

3. Investigar a la inversa: hacia teorías ocultas

El padre Gionti, junto con el joven estudiante boloñés de máster en física teórica Alberto Gavioli, el sacerdote don Matteo Galaverni y los profesores Alexander Kamenshchik y Sergio Cacciatori, emplea un método de investigación que recuerda al trabajo de un detective: el razonamiento inverso.

En lugar de partir de una teoría para verificar sus consecuencias, comienzan por las ecuaciones que describen el universo observado —la “tarta ya horneada”— para in-

tentar reconstruir las posibles “recetas” teóricas que podrían haberla producido.

La cuestión es explosiva: ¿son las leyes de la gravedad formuladas por Einstein las únicas posibles, o podrían existir otras teorías que reproduzcan los mismos resultados observables pero conduzcan a predicciones diferentes? No es una pregunta abstracta. Aproximadamente el 95 % del universo es oscuro: materia y energía que percibimos por sus efectos —por ejemplo, en la aceleración de las galaxias— pero que no podemos observar directamente. Quizá la materia oscura y la energía oscura no sean componentes invisibles del universo, sino señales de que nuestra descripción actual de la gravedad necesita ser revisada.

4. Cambiar de perspectiva cambia la física

La colaboración con don Galaverni, Sergio Cacciatori y Federico Scali (Universidad de Como) ha cuestionado un supuesto fundamental en la teoría de la inflación cósmica, una fase de expansión extremadamente rápida que habría ocurrido inmediatamente después del Big Bang. En muchos modelos, los físicos pasan del llamado marco de Jordan al marco de Einstein, suponiendo que se trata simplemente de dos descripciones matemáticas equivalentes de la misma realidad física.

Sin embargo, su investigación ha demostrado que no siempre es así: en ciertos casos, el cambio de marco modifica el contenido físico de la teoría. Es como descubrir que girar un mapa no solo cambia la orientación, sino que revela caminos completamente nuevos. Actualmente el grupo aplica estas ideas al estudio de los agujeros negros, esos extremos laboratorios cósmicos donde la gravedad alcanza intensidades máximas. Esta “no equivalencia” entre marcos podría ayudar a comprender mejor la entropía de los agujeros negros —el grado de desorden que describe la degradación de la información en su entorno— y los mecanismos mediante los cuales el universo oculta sus secretos más profundos.

Una ciencia que contempla

Desde la Specola Vaticana emerge no solo investigación científica de vanguardia, sino también una visión más profunda: el estudio de las ecuaciones que describen el origen de todo es también una forma de contemplación. Allí donde espacio y tiempo se funden, la ciencia roza el misterio último. Para científicos que son también sacerdotes, cada ecuación descifrada no aleja de Dios, sino que ilumina el orden racional de la creación, como si se tratara de descifrar una gran sinfonía cósmica. Razón y fe, una vez más, avanzan juntas.

EL VATT: TREINTA AÑOS DE EXCELENCIA ASTRONÓMICA VATICANA

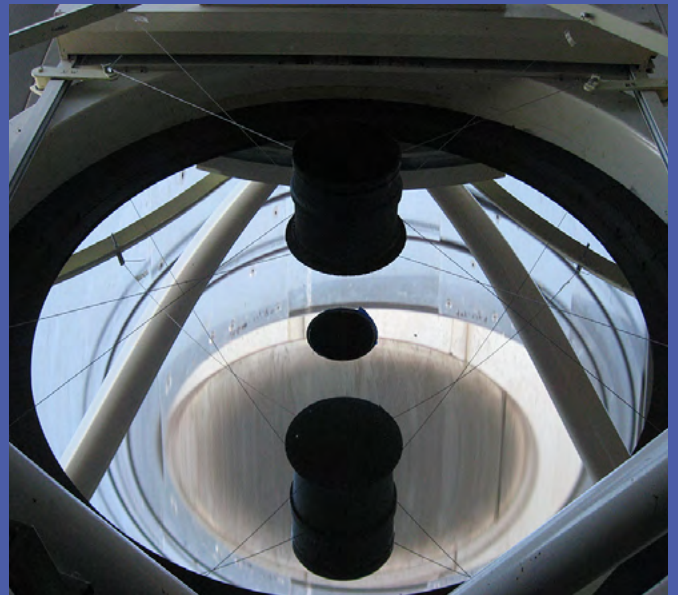


P. Chris Corbally, SJ
Specola Vaticana

Innovaciones astronómicas, instrumentación de vanguardia e investigación científica en el Monte Graham

El Vatican Advanced Technology Telescope (VATT) ha sido el principal instrumento de la Specola Vaticana durante los últimos treinta años. Está situado a una altitud de 3.200 metros en el Monte Graham, en el sur del estado de Arizona, a 110 km de la ciudad de Tucson. El VATT es un proyecto conjunto entre la Specola Vaticana (75 %) y el Steward Observatory (25 %). El espejo de 1,8 metros del VATT fue fabricado en el Richard F. Carris Mirror Laboratory y fue el primero realizado mediante tecnologías revolucionarias como el horno rotatorio y una estructura interna en forma de panal para aumentar la rigidez. Estos métodos se emplean hoy de manera rutinaria en la fabricación de espejos mucho mayores, de 8 a 10 metros de diámetro. Gracias al clima seco del desierto que rodea Tucson, a la gran altitud del Monte Graham y al compromiso constante por preservar cielos oscuros en esta región del mundo, el VATT se encuentra en uno de los mejores emplazamientos de observación del hemisferio norte. El telescopio comparte el Monte Graham con otros dos grandes instrumentos: el Large Binocular Telescope (dos espejos de 8 metros) y el telescopio submilimétrico. Además, las montañas que rodean Tucson albergan la mayor concentración de telescopios del territorio continental de Estados Unidos, lo que proporciona al observatorio y al VATT un entorno científico y una infraestructura de extraordinaria riqueza.

¿Cómo llegó la Specola Vaticana a disponer de un telescopio en Arizona? Debido al creciente aumento de la contaminación lumínica en torno a Castel Gandolfo, los astrónomos vaticanos comenzaron a buscar un nuevo emplazamiento para su telescopio. En la década de 1980, el recién nombrado director, el padre George Coyne, envió a un grupo de astrónomos a establecer un pequeño equipo en la Universidad de Arizona, donde tendrían fácil acceso a algunos de los mejores telescopios del mundo mediante el pago de una modesta cuota anual. Entretanto, el profesor Roger Angel inventó un nuevo método para construir espejos de telescopio y probó un prototipo de espejo de 1,8 metros de diámetro, que ofreció a la Specola Vaticana. El padre Coyne tuvo la audacia de aceptar la propuesta, con la condición de que el Steward Observatory continuara implicado en el proyecto.



Las posteriores e intensas campañas de recaudación de fondos, sostenidas por antiguos y nuevos benefactores, permitieron dar el nombre de dos grandes donantes a las nuevas instalaciones: el telescopio Alice P. Lennon y el Centro de Astrofísica Thomas J. Bannan. Asimismo, numerosas donaciones y campañas bien organizadas han contribuido a mejorar y actualizar el telescopio. Hoy el VATT se financia gracias a los esfuerzos de recaudación de fondos de la Vatican Observatory Foundation y al generoso apoyo de la Gobernación del Estado de la Ciudad del Vaticano.

A pesar de sus dimensiones relativamente modestas, el VATT requiere cerca de medio millón de dólares anuales para su mantenimiento: el principal coste corresponde al personal cualificado, la infraestructura y los servicios necesarios para operar un telescopio en un entorno tan extremo.

Aunque cuenta ya con tres décadas de funcionamiento, el VATT está en continua evolución. Un telescopio es comparable a un organismo vivo: necesita ajustes y actualizaciones constantes. Esto se debe a varias razones. En primer lugar, los sistemas electrónicos y mecánicos tienen una vida útil limitada, especialmente en entornos de gran altitud como el del VATT, y deben ser sustituidos periódicamente. En segundo lugar, los avances tecnológicos vuelven obsoletos muchos sistemas antiguos, pero al mismo tiempo introducen nuevas tecnologías que permiten un uso más eficiente de los recursos y de las instalaciones.

Además, la utilidad de un telescopio depende en gran medida de sus instrumentos. A lo largo de los años, el VATT ha albergado diversos instrumentos temporales. Actualmente dispone de una cámara CCD 4k y de un espectrógrafo óptico —que permite descomponer la luz en sus colores constitutivos—. A medida que estos instrumentos envejecen, se prevé la instalación de nuevos equipos que permitirán a los astrónomos realizar experimentos más innovadores y creativos. Los astrónomos del observatorio han trabajado intensamente para automatizar y robotizar el VATT hasta convertirlo en un telescopio completamente automático. Esto permitirá un uso mucho más eficiente del instrumento: por ejemplo, será posible ejecutar cada noche varios programas de monitorización a largo plazo de objetos astronómicos, algo que hasta ahora resultaba impracticable. Una generosa donación del Thomas Lord Charitable Fund, junto con una contribución personal de su presidenta, la señora Judy Alstadt, ha hecho posible este avance. Desde comienzos de año, el VATT está completamente automatizado, y el 29 de septiembre de 2025 se probó con éxito la primera sesión completamente remota del telescopio. Con esta actualización, el VATT inicia una auténtica segunda vida.

Sin embargo, permanece una pregunta fundamental: ¿cuál es la utilidad del VATT en la era de los telescopios espaciales y de los telescopios de clase de 8 metros? El campo científico del VATT ha sido siempre el del seguimiento y estudio a largo plazo de objetos astronómicos, especialmente en el hemisferio norte. Dado el elevado coste y la limitada disponibilidad del tiempo de observación, resulta muy difícil obtener más de tres días de uso en telescopios mayores o espaciales. El seguimiento prolongado de estrellas peculiares o de grandes agujeros negros puede realizarse regularmente con el VATT. En combinación con un espectrógrafo de alta resolución, el telescopio destaca en la obtención de espectros de alta calidad de estrellas brillantes y cuásares. Con el paso de los años, sin embargo, el VATT ha sobresalido sobre todo en el descubrimiento y la caracterización de asteroides, objetos cercanos a la Tierra y cuerpos transneptunianos. Las colaboraciones con numerosas instituciones astronómicas han demostrado asimismo que telescopios como el VATT son con frecuencia ideales para probar nuevas ideas e instrumentaciones antes de transferirlas a instrumentos de mayor tamaño. De ello se derivan dos observaciones: a) la utilidad del VATT aumenta notablemente si se abre a una comunidad astronómica más amplia; b) el telescopio se vuelve mucho más productivo con instrumentos más recientes y con una gama instrumental más extensa.

Durante los últimos treinta años, el VATT ha sido también un excelente instrumento de formación para jóvenes astrónomos de las universidades de Arizona. Gracias a la generosa donación de la señora Kim Bepler, este año el observatorio ha puesto en marcha un programa piloto que ofrece el 20 % de su tiempo de observación a estudiantes de algunas universidades jesuitas de Norteamérica que no disponen de recursos ni de acceso a telescopios para sus investigaciones. La esperanza es que, en el futuro, el VATT pueda ponerse a disposición de universidades de todo el mundo —especialmente de países en desarrollo— para formar a la próxima generación de astrónomos.

Como único telescopio de investigación activo del Vaticano, el VATT ha servido y continúa sirviendo como un poderoso símbolo del compromiso de la Iglesia con la astronomía y las ciencias. El hecho de que la Iglesia gestione uno de los telescopios más avanzados del mundo contribuye de manera mucho más significativa al diálogo entre ciencia y religión que decenas de artículos filosóficos o académicos sobre el tema. Además de los numerosos resultados científicos obtenidos, el VATT se alza como un faro simbólico en la cima de una montaña, promoviendo la misión del Observatorio de «mostrar al mundo que fe y ciencia pueden caminar juntas».



LA COLECCIÓN DE METEORITOS DEL VATICANO



Fr. Bob Macke, SJ
Curador de la colección de meteoritos de la Specola Vaticana

Los meteoritos son auténticas cápsulas del tiempo que conservan información sobre la historia y los orígenes de nuestro sistema solar, y poseen un enorme valor histórico y científico.

Aunque los astrónomos dependen en gran medida del estudio de la luz (radiación electromagnética) procedente de objetos muy lejanos, las ciencias planetarias ofrecen algunas oportunidades para aproximarse al material físico mismo. Las sondas espaciales han visitado planetas y lunas en todo el sistema solar y, en contadas ocasiones, han logrado recuperar material directamente de estos cuerpos y traerlo de vuelta a la Tierra para su estudio. Por ejemplo, la misión OSIRIS-REx recuperó material del asteroide (101955) Bennu y lo trajo a la Tierra para ser analizado por una colaboración de numerosas instituciones de todo el mundo, entre ellas miembros de la Specola Vaticana. Sin embargo, estas misiones son extremadamente costosas y solo devuelven pequeñas cantidades de material. En cambio, también disponemos de los meteoritos: estas rocas, que caen sobre la Tierra desde el espacio, proporcionan una abundante fuente de material extraterrestre para el estudio científico.

La Specola Vaticana alberga una colección de 1.226 muestras pertenecientes a 543 meteoritos diferentes. Los orígenes de esta colección se remontan a Adrien-Charles Marquis de Mauroy (1848-1927), un apasionado naturalista y coleccionista de meteoritos y muestras minerales. En su época poseía la mayor colección privada de meteoritos del mundo. También era un ferviente católico y, durante su vida, donó alrededor de 200 muestras a la Specola Vaticana con fines de estudio. Tras su fallecimiento, su viuda donó el resto de la colección. En total, cerca de 1.000 de nuestras muestras pertenecieron originalmente a la colección del marqués. El crecimiento posterior de la colección se debe en gran parte a las generosas donaciones realizadas por otros coleccionistas de meteoritos durante los últimos cien años.

Dado que el marqués coleccionaba principalmente meteoritos cuya caída había sido observada —en aquella época la identificación y recogida de meteoritos que habían permanecido largo tiempo en la Tierra estaba aún en sus inicios—, la colección incluye varios meteoritos de gran importancia histórica. Entre ellos se encuentra Ensisheim meteorite, caído en 1492 y considerado el primer meteorito





documentado con precisión en Europa; y L'Aigle meteorite, caído en 1803 y estudiado por miembros de la Académie des Sciences, cuyos trabajos demostraron definitivamente que los meteoritos procedían del espacio y no de volcanes, como algunos creían. La colección incluye también algunos ejemplares extremadamente raros, como Chassigny meteorite, uno de los escasos representantes de la subclase de meteoritos marcianos conocida como chassignitas. Asimismo conserva objetos de valor incalculable, como una roca lunar procedente de la misión Apollo 17, donada al Vaticano en 1972 por el Gobierno de los Estados Unidos.

Estos meteoritos constituyen auténticas cápsulas del tiempo que conservan información sobre la historia y los orígenes de nuestro sistema solar. Poseen un enorme valor histórico, científico y también económico: algunos de los ejemplares más raros alcanzan en el mercado precios superiores a 1.000 euros por gramo.

La Specola Vaticana dispone de un laboratorio dedicado al análisis de meteoritos y al estudio del valor científico de estos ejemplares. Aunque no contamos con el presupuesto necesario para adquirir las máquinas multimillonarias requeridas para análisis químicos e isotópicos avanzados, hemos encontrado un ámbito de investigación propio en la medición de propiedades físicas, en particular la densidad y la porosidad. Este laboratorio se desarrolló a partir del antiguo laboratorio astrofísico de la Specola, donde en las décadas de 1930 y 1940 se desarrolló el campo del análisis espectroscópico de metales y minerales. De hecho, la revista científica *Spectrochimica Acta* fue fundada precisamente en la Specola Vaticana. Hoy en día, la antigua instrumentación espectroscópica ha sido sustituida por instrumentos de laboratorio de sobremesa destinados a la medición del

volumen y la densidad de meteoritos. La colección también se pone a disposición de investigadores de todo el mundo que necesitan muestras para sus estudios científicos. Por lo general, se prestan alrededor de diez muestras al año para investigaciones realizadas en otras instituciones.

Recientemente, con el fin de documentar mejor esta valiosa colección, hemos emprendido un proyecto de escaneo tridimensional. Hemos adquirido un escáner de luz estructurada (SLS) que utiliza técnicas de fotogrametría para crear modelos tridimensionales en color de cada muestra. Una vez finalizado el proceso, dispondremos de un registro tridimensional de cada ejemplar que no solo servirá como referencia científica para otros investigadores, sino que también contribuirá a prevenir pérdidas y a documentar posibles daños que pudieran producirse durante los préstamos de meteoritos. Además, los modelos digitales facilitan la investigación, ya que permiten calcular volúmenes y densidades directamente a partir de los modelos computacionales.

La colección de meteoritos es, por tanto, un tesoro científico confiado a la Specola Vaticana, que ha sido cuidadosamente conservado y gradualmente ampliado durante el último siglo. Su valor científico ha quedado demostrado en numerosos artículos y publicaciones surgidos de la investigación realizada sobre estas raras piedras. Los visitantes de nuestra sede central llegan con frecuencia con el deseo específico de contemplar esta colección. Seguimos trabajando para mejorar la documentación de este patrimonio científico, con la esperanza de hacerlo cada vez más accesible a investigadores y colegas de todo el mundo. Mirando hacia el futuro, la colección continuará creciendo tanto en tamaño como en importancia.

EL DIÁLOGO ENTRE CIENCIA Y FE: HERENCIA Y NUEVOS DESAFÍOS



P. José Gabriel Funes, SJ
Specola Vaticana

Vivimos en un planeta acelerado, dentro de un universo acelerado, y a menudo no somos conscientes de ello. El universo se expande de forma acelerada debido a la energía oscura; la Tierra, en su órbita alrededor del Sol, experimenta la aceleración de la fuerza gravitatoria. Pero quizá lo más grave que puede sucedernos es no ser conscientes de vivir en una cultura sometida a cambios acelerados.

Hoy oímos repetir con frecuencia que «el cambio es todo o nada». Me parece que esta expresión refleja una ideología que pretende transformar la sociedad y a las personas con violencia, sin respetar los tiempos propios de los procesos sociales y personales. De hecho, el aceleracionismo es una corriente de pensamiento que sostiene que los procesos tecnológicos y sociales no deben frenarse, sino intensificarse para precipitar una transformación radical del sistema. Ciertamente debemos cambiar, convertirnos espiritualmente ahora que estamos en Cuaresma, pero cuidando de que las ideas no destruyan a las personas más vulnerables, deteriorando aún más las relaciones sociales entre los distintos actores que componen el tejido social.

Confieso que, en los últimos tiempos, a veces me parece formar parte de un episodio de *Black Mirror* o de una de las películas de la saga *Matrix*. Nos cuesta distinguir la realidad virtual y la realidad aumentada de los portales de noticias que pretenden ser serios y objetivos, de las redes sociales y de los memes que narran una historia épica de batallas de superhéroes contra molinos de viento. En estas luchas se consumen enormes recursos humanos y económicos, mientras que, a lo largo del camino, quedan

abandonados muchos de nuestros hermanos y hermanas que el sistema expulsa.

El Papa León XIV ha abordado el tema de la inteligencia artificial y sus desafíos en el Mensaje para la Jornada Mundial de las Comunicaciones Sociales. Como señala el Papa, la cuestión antropológica constituye el desafío principal. Se trata de la antigua pregunta que la humanidad se ha planteado siempre y que sigue siendo plenamente actual: «¿Qué es el hombre para que te acuerdes de él, el ser humano para que cuides de él?» (Sal 8,5). Un diálogo renovado entre ciencia y fe debe situar en el centro al ser humano y su relación con la naturaleza y con la tecnología.

En mis últimos años de estudio he llegado a esta cuestión antropológica a través de dos caminos entrelazados. En primer lugar, la búsqueda de vida extraterrestre inteligente exige investigar quién es el *Homo sapiens*, puesto que, de algún modo, aspiramos a comunicarnos con un alter ego cósmico. En segundo lugar, el progreso de la inteligencia artificial nos conduce —a mi juicio de manera injustificada— a compararla con la inteligencia humana. La emergencia de la inteligencia en el universo, desde la evolución biológica hasta los sistemas artificiales, constituye uno de los misterios más profundos a los que se enfrentan hoy la ciencia contemporánea, la filosofía y la religión. Ambos caminos —la búsqueda de inteligencias cósmicas y la creación de inteligencias artificiales— nos devuelven a la misma pregunta fundamental: ¿quiénes somos nosotros?



Hasta aquí podríamos pensar que la cuestión de qué significa ser humano es una discusión puramente académica. Sin embargo, cada uno de nosotros posee una perspectiva antropológica que configura nuestras decisiones cotidianas y que, en última instancia, define también el camino que seguimos como sociedad.

La Specola Vaticana ha desempeñado un papel significativo en la promoción del diálogo entre ciencia y fe, especialmente durante el pontificado de San Juan Pablo II. La carta de 1988 dirigida al director de la Specola, el padre George Coyne, con motivo del tercer centenario de los *Principia* de Isaac Newton, sigue siendo un documento fundamental. Las *Study Weeks* organizadas por la Specola sobre temas como la cosmología, la evolución biológica y las neurociencias han creado espacios de encuentro entre científicos, filósofos y teólogos. Con palabras del Papa León XIV, podemos decir que la Specola puede «ofrecer una *diaconía de la cultura*, menos cátedras y más mesas donde sentarse juntos, sin jerarquías inútiles, para tocar las heridas de la historia y buscar, en el Espíritu, sabidurías que nazcan de la vida de los pueblos» (Diseñar nuevos mapas de esperanza, 9.3).

Desde hace décadas asistimos a una especie de divorcio entre ciencia y humanismo. Hoy el diálogo se enfrenta a cuestiones inéditas. La inteligencia artificial plantea interrogantes sobre el significado de la inteligencia, de la conciencia y de la dignidad humana. La astrobiología, con la búsqueda de vida extraterrestre, suscita preguntas teológicas acerca de la unicidad de la creación y de la encarnación. El cambio climático exige una reflexión ética sobre la responsabilidad del ser humano hacia la creación. Estos desafíos ponen de relieve la actualidad de la cuestión antropológica

y de la cosmovisión que de ella se deriva. Más que nunca, el diálogo requiere interdisciplinariedad. Es necesario un trabajo común en el que científicos, filósofos y teólogos se escuchen mutuamente y se dejen interpelar unos por otros. La Specola posee la credibilidad necesaria para convocar a expertos en los ámbitos mencionados.

Precisamente por ello, la Specola Vaticana, fiel a su tradición de organizar semanas de estudio interdisciplinarias que reúnen a destacados especialistas para abordar cuestiones fundamentales sobre la naturaleza de la realidad y el lugar de la humanidad en ella, propone una *Study Week* para mayo de 2028 con el título *An Intelligent Universe*, dedicada a explorar la inteligencia en sus múltiples manifestaciones —desde la biológica hasta la artificial— en un espacio que integre las perspectivas científica, filosófica y religiosa. Los objetivos son ambiciosos pero necesarios: reunir a científicos, filósofos y teólogos para examinar la inteligencia como fenómeno cósmico; promover un diálogo interdisciplinar auténtico que desarrolle marcos conceptuales para comprender las diversas formas de inteligencia y su significado para la autocomprensión humana; afrontar las implicaciones éticas del desarrollo de la inteligencia artificial y de la exploración espacial; y producir publicaciones académicas que impulsen el diálogo entre ciencia, filosofía y religión sobre estas cuestiones fundamentales.

En tiempos acelerados, el cristiano está llamado a no ceder ni al miedo ni a la prisa. La pregunta del salmista sigue resonando hoy, no como una reliquia del pasado, sino como una brújula para el futuro. Nuestro desafío consiste en habitar este tiempo con lucidez y esperanza, sabiendo que la verdad sobre el ser humano se enraíza en ese horizonte de sentido que nos concede el Señor de la historia cósmica y humana.



LA METEOROLOGÍA EN LA SPECOLA VATICANA



P. Bayu Risanto, SJ
Specola Vaticana

La meteorología, su vínculo histórico con la Specola Vaticana y su contribución a la sensibilización sobre el cambio climático

Las previsiones meteorológicas son indispensables en el mundo actual. Desde la gestión de las actividades personales cotidianas hasta el transporte de mercancías a través del océano, desde la planificación de la ruta de un vuelo comercial hasta la gestión de una compañía de seguros, las personas consultan constantemente los pronósticos del tiempo. La historia de la meteorología moderna se remonta al siglo XIX, pero las técnicas y métodos de predicción tal como los conocemos hoy comenzaron a desarrollarse durante la Segunda Guerra Mundial. Desde entonces, las previsiones meteorológicas se han basado en las ecuaciones de la dinámica de fluidos. Desafortunadamente, la naturaleza de la atmósfera es caótica y resolver estas ecuaciones puede requerir días, si no semanas. Con la llegada de los primeros ordenadores modernos en la década de 1950, los modelos meteorológicos fueron uno de los primeros conjuntos de ecuaciones matemáticas en aprovechar la capacidad de cálculo rápido de las computadoras, como el Electronic Discrete Variable Automatic Calculator de la Universidad de Pensilvania.

Alrededor de la década de 1960, las capacidades de los modelos se ampliaron, pasando de la predicción del tiempo diario a la proyección del clima a largo plazo. Hoy, los informes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático analizan los resultados de modelos climáticos configurados con distintos escenarios posibles, desde modelos que simulan el impacto de cero emisiones de carbono en las próximas décadas hasta otros que proyectan las consecuencias de un aumento progresivo de dichas emisiones. Estos modelos resultan extremadamente útiles no solo para informar a los responsables políticos sobre las decisiones ambientales que deben adoptarse, sino también para sensibilizar a la opinión pública sobre la gravedad del cambio climático antropogénico. Por su labor en este ámbito, el IPCC recibió el Premio Nobel de la Paz en 2007. Posteriormente, Syukuro Manabe de la Universidad de Princeton y Klaus Hasselmann del Max Planck Institute for Meteorology recibieron el Premio Nobel de Física por haber desarrollado la modelización física del clima terrestre, cuantificado su variabilidad y permitido prever con fiabilidad el calentamiento global.

¿Dónde se sitúa la Iglesia en este contexto? En la 35ª Congregación General de la Compañía de Jesús, celebrada en 2008, los jesuitas expresaron su preocupación por el cambio climático y la degradación ambiental. Invitaron a todas sus comunidades y obras a



promover la sensibilización y a emprender acciones concretas para afrontar estos desafíos ecológicos. Más recientemente, en 2015, el Papa Francisco publicó la encíclica *Laudato si'* para abordar tanto las cuestiones ambientales como las sociales de nuestro tiempo. En ella recuerda que la injusticia cometida contra nuestra casa común es inseparable de la injusticia infligida a nuestros hermanos y hermanas pobres y marginados. El Papa invita no solo a los católicos, sino a todas las personas de buena voluntad, a una verdadera reformatio vitae. Desde entonces, el espíritu de *Laudato si'* se ha difundido ampliamente entre personas e instituciones de todo el mundo.

La Specola Vaticana, que observa y estudia el cielo desde 1871, dirige también su atención hacia la Tierra, nuestra casa común. Un gesto concreto realizado en los últimos años ha sido aprovechar la energía de nuestra estrella, el Sol, mediante la instalación de paneles solares en el tejado de la sede

de la Specola en Tucson. Actualmente, la energía que alimenta nuestros dispositivos electrónicos —desde lámparas hasta frigoríficos y ordenadores— procede al cien por cien directamente del Sol, visible durante casi todo el año en el cielo despejado del desierto de Arizona. Esta iniciativa ha permitido reducir de forma significativa nuestro consumo energético. Otro paso significativo ha sido la incorporación del padre C. Bayu Risanto, S.J., como meteorólogo —es decir, científico de la atmósfera— para desarrollar investigaciones en modelización meteorológica y, progresivamente, también en estudios climáticos.

El padre Bayu no es, sin embargo, el primer meteorólogo en la historia de la Specola Vaticana. A lo largo del tiempo, varios jesuitas —y también otros científicos— han trabajado en el campo de la meteorología. Entre ellos destaca el padre Angelo Secchi, conocido como el padre de la astrofísica. Secchi fue también un apasionado meteorólogo. Construyó la primera máquina denominada meteógrafo, capaz de registrar diariamente datos meteorológicos como la temperatura, la dirección y velocidad del viento y la presión atmosférica. Gracias a este instrumento, Secchi recibió la medalla de oro del Gran Premio en la Exposición Universal de París de 1867. Su interés por la meteorología se centraba en comprender la dinámica de la atmósfera con la esperanza de que ese conocimiento permitiera prever las condiciones meteorológicas y, de ese modo, informar a la población sobre el tiempo futuro.

Hoy en día, la meteorología y la climatología utilizan ampliamente superordenadores capaces de analizar petabytes de datos procedentes de satélites y observaciones terrestres para prever el tiempo y el clima del futuro.

La Specola Vaticana no necesita disponer de estaciones de observación propias. Investigadores como el padre Bayu pueden acceder a estos conjuntos de datos globales y a los recursos computacionales disponibles, aportando su creatividad científica y colaborando con especialistas de todo el mundo para mejorar la comprensión de la atmósfera y la calidad de las previsiones meteorológicas y climáticas. Este es uno de los modos concretos en que la Specola puede contribuir hoy al bien de la humanidad.

Actualmente continúa colaborando con colegas en los Estados Unidos, México, Arabia Saudí y diversos países de América del Sur. Las investigaciones abarcan desde la asimilación de datos hasta el seguimiento de nubes, la predicción de fenómenos meteorológicos extremos y las proyecciones climáticas para todo el continente sudamericano. En 2025, el padre Bayu presentó por primera vez, en nombre de la Specola Vaticana, su investigación sobre asimilación de datos en la asamblea anual de la European Geosciences Union celebrada en Viena. La acogida fue muy positiva. Aunque los resultados son demasiado técnicos



para describirlos aquí, ofrecen cierta esperanza de mejorar las previsiones de lluvia en regiones donde los datos observacionales son escasos o inexistentes. En cuanto a las proyecciones climáticas, el padre Bayu participa también en un grupo de trabajo que está desarrollando escenarios de modelización relacionados con cambios en los paisajes forestales tropicales de América del Sur, con el objetivo de comprender cómo estas transformaciones podrían influir en los patrones meteorológicos del continente.

Con el reciente desarrollo de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático (AI/ML), la comunidad científica dedicada a la modelización atmosférica está explorando nuevas formas de aplicar estas tecnologías a la predicción meteorológica. Gracias a la gran cantidad de datos observacionales acumulados durante décadas, así como a los modelos de reanálisis existentes, hoy es posible entrenar sistemas informáticos para reconocer patrones y comportamientos de la atmósfera, con la esperanza de que en el futuro contribuyan a mejorar las previsiones meteorológicas. Uno de los desafíos actuales consiste en determinar si los sistemas basados en AI/ML pueden producir previsiones a corto plazo —por ejemplo, con un horizonte de 24 horas— con una precisión comparable o incluso superior a la de los modelos físicos tradicionales combinados con técnicas de asimilación de datos.

Algunos investigadores consideran que no es posible confiar al cien por cien en la inteligencia artificial para la predicción meteorológica: los modelos físicos siguen siendo necesarios. Una vía prometedora consiste en utilizar la inteligencia artificial para gestionar ciertos cálculos no lineales dentro de los modelos atmosféricos, lo que podría acelerar su funcionamiento y reducir las incertidumbres en determinadas variables.

Aunque vivimos inmersos en la atmósfera terrestre y respiramos aire a cada instante, todavía conocemos relativamente poco sobre su funcionamiento. Por ello, el campo de la meteorología y de las ciencias atmosféricas seguirá ofreciendo numerosos desafíos en el futuro, y la Specola Vaticana aspira a continuar aportando su contribución al conocimiento científico y al servicio de la humanidad.

SPECOLA VATICANA: UN MES CON LOS JÓVENES ASTRÓNOMOS DEL FUTURO



P. David Brown, SJ
Specola Vaticana

La Escuela de Verano bienal forma talentos internacionales apostando por la inclusión, la excelencia científica y la colaboración global en las nuevas fronteras de la astronomía.

Uno de los acontecimientos más importantes de la Specola Vaticana es la Escuela de Verano de un mes de duración para estudiantes avanzados de astronomía, que se celebra en la sede de la Specola en Castel Gandolfo con periodicidad bienal. Inicialmente propuesta por el difunto padre Martin McCarthy, SJ, la Escuela de Verano de la Specola Vaticana (VOSS) acoge a estudiantes que están finalizando el grado o que comienzan un programa de especialización y desean emprender una carrera en astronomía. Fundada en 1986, esta escuela reúne a 25 estudiantes procedentes de todo el mundo, con un firme compromiso de apoyar a estudiantes provenientes de países en vías de desarrollo. El profesorado de las distintas ediciones procede de algunas de las mejores universidades del mundo. Una de las características distintivas de esta escuela son los vínculos que se crean entre los estudiantes durante estas cuatro semanas y que con frecuencia perduran toda la vida. Estas escuelas han permitido que antiguos alumnos de la Escuela de Verano de la Specola Vaticana accedan a posiciones académicas de relevancia en universidades de

todo el mundo. En los últimos años, un número creciente de profesores de la escuela está formado precisamente por antiguos alumnos de ediciones anteriores. Resulta sorprendente contemplar su generosidad al ofrecer a las nuevas generaciones aquello que ellos mismos recibieron gratuitamente.

El tema de la Escuela de Verano celebrada este año en la Specola, del 1 al 27 de junio de 2025, fue «*Explorar el Universo con el JWST: los primeros tres años*». El James Webb Space Telescope (JWST) es el nuevo telescopio espacial, sucesor del telescopio espacial Hubble; las imágenes y los datos obtenidos a través de él están profundizando la comprensión que la humanidad tiene del cosmos. Este año la Escuela estuvo dirigida por el padre David Brown, SJ, que desempeñó la función de Decano de la Escuela de Verano, actuando como enlace entre profesores, estudiantes, personal, comunidad jesuita y el Director de la Specola. Los doctores Eiichi Egami, Almudena Alonso Herrero, Roberto Maiolino, Maria Drozdovskaya y Thomas Greene formaron parte del profesorado de la Escuela, todos ellos expertos en diversos aspectos del telescopio Webb. Tres de los docentes habían sido antiguos alumnos de la Escuela de Verano. Los profesores guían a los estudiantes a través de clases y proyectos de investigación específicos. Los 25



estudiantes fueron seleccionados entre un amplio grupo de candidatos internacionales, con más del 50 % de mujeres. Los estudiantes elegidos demostraron no solo una elevada preparación académica, sino también un fuerte sentido de comunidad y un notable entusiasmo.

Las Escuelas de Verano son muy intensas, con cuatro semanas de clases diarias, ejercicios y conferencias de invitados. Además, la Specola Vaticana se encarga de las comidas de estudiantes y profesores y organiza diversos encuentros sociales en las tardes y fines de semana. Este año se organizaron excursiones culturales para los estudiantes a lugares como Subiaco, Florencia y Ostia Antica. Para contribuir al ambiente internacional de la Escuela, la Specola invitó a los Embajadores ante la Santa Sede de los respectivos países de origen de los estudiantes a visitar la Specola y almorzar con sus estudiantes. Diversas agencias de prensa y medios de comunicación, en ocasiones procedentes de los mismos países de algunos estudiantes, visitaron la Specola para realizar reportajes sobre el trabajo de la VOSS. La hermana Raffaella Petrini y el abogado Giuseppe Puglisi-Alibrandi visitaron la Escuela y dialogaron con los estudiantes. Finalmente, el profesorado y los estudiantes de la VOSS2025, así como todo el personal de la Specola, tuvieron el privilegio de ser recibidos en audiencia privada por el Papa León XIV el 16 de junio de 2025.

La Escuela ha sido posible gracias al generoso apoyo de la Vatican Observatory Foundation, con sede en los Estados Unidos de América. Gracias a la generosidad de nuestros benefactores, la Specola Vaticana puede acoger a estudiantes de todo el mundo, independientemente de sus condiciones económicas. Este apoyo financiero ayuda a la Specola Vaticana a desempeñar una función vital y esencial: apoyar a jóvenes astrónomos procedentes de contextos menos privilegiados, especialmente en países donde la astronomía aún no está muy desarrollada.

Además de la Escuela de Verano, la Fundación sostiene la beca McCarthy-Stoeger, que se concede a un antiguo alumno de la Escuela de Verano. La beca McCarthy-Stoeger cubre los dos primeros años del doctorado en astronomía en la Universidad de Arizona. Lleva el nombre de los difuntos padres Martin McCarthy, SJ, y William Stoeger, SJ, dos destacados miembros del personal de la Specola Vaticana.

La beca McCarthy-Stoeger de la Specola Vaticana para el periodo 2026-2028 ha sido concedida al estudiante chileno Hugo Cortés Muñoz, quien participó en la Escuela de Verano de 2025. Actualmente está inscrito en un programa de máster en astronomía en la Universidad de Chile, donde trabaja en una tesis de astronomía observacional extragaláctica centrada en el estudio del entorno de las galaxias mediante el uso de objetos extremadamente luminosos, como los cuásares. Espera graduarse en los próximos meses e iniciar su doctorado en 2026.

Cortés Muñoz nació en el año 2000 en Santiago de Chile, donde creció. Su profesor de física en la escuela secundaria le convenció de que los nuevos telescopios construidos en el norte de Chile ofrecían grandes oportunidades para que los chilenos pudieran formar parte de la comunidad científica internacional. Cortés Muñoz se matriculó inicialmente en ingeniería en la Universidad de Chile, para posteriormente orientarse hacia la astronomía. Resulta interesante señalar que uno de esos nuevos telescopios en Chile lleva ahora el nombre de una de las profesoras de la primera Escuela de Verano de 1986: Vera Rubin.

Con numerosos antiguos alumnos repartidos por facultades de astronomía de todo el mundo, la Escuela de Verano de la Specola Vaticana y la beca McCarthy-Stoeger aportan gran notoriedad a la Specola y al Vaticano en general. Los antiguos alumnos suelen regresar a visitar el Observatorio de Castel Gandolfo, lo que constituye una señal del amplio respeto y afecto de que goza la Specola en el mundo de la astronomía.



DISCURSO DEL SANTO PADRE LEÓN XIV A LOS PARTICIPANTES EN LA ESCUELA DE VERANO DE ASTROFÍSICA PROMOVIDA POR LA SPECOLA VATICANA

Sala del Consistorio, Lunes, 16 de junio de 2025



Me alegra tener esta oportunidad de saludar a todos vosotros, estudiantes e investigadores de diversas partes del mundo que participáis en la Escuela de Verano de la Specola Vaticana. Ofrezco mis orantes buenos deseos para que esta experiencia de vivir y estudiar juntos no sea solo un enriquecimiento académico y personal, sino que ayude también a desarrollar amistades y formas de colaboración que no pueden sino contribuir al progreso de la ciencia al servicio de nuestra única familia humana.

La Escuela de Verano de este año está dedicada —según me han dicho— al tema Explorar el universo con el telescopio espacial James Webb. Sin duda, este debe de ser un momento apasionante para ser astrónomos. Gracias a este instrumento verdaderamente extraordinario, por primera vez somos capaces de escrutar en profundidad la atmósfera de los exoplanetas, donde podría desarrollarse la vida, y de estudiar las nebulosas donde se forman los propios sistemas planetarios. Con el Webb podemos incluso rastrear la antigua luz de galaxias lejanas, que nos habla del mismo comienzo de nuestro universo.

Los autores de las Sagradas Escrituras, que escribieron hace tantos siglos, no pudieron beneficiarse de este privilegio. Sin embargo, su imaginación poética y religiosa reflexionó sobre cómo pudo haber sido el momento de la creación, cuando «Las estrellas brillan desde sus puestos de guardia y se alegran; él las llama y responden: “¡Aquí estamos!”, y brillan de gozo por aquel que las creó» (Baruc 3, 34). Hoy, ¿acaso las imágenes del James Webb no nos llenan también de asombro y, de hecho, de una misteriosa alegría mientras contemplamos su sublime belleza?

El equipo científico del Telescopio Espacial ha trabajado arduamente para poner estas imágenes a disposición del público, por lo cual todos nosotros podemos estar agradecidos. De modo especial, sin embargo, todos vosotros que participáis en la Escuela de Verano habéis recibido las competencias y la formación que pueden permitir os utilizar este extraordinario instrumento para ampliar nuestro conocimiento del cosmos del que formamos una parte minúscula pero significativa.

Naturalmente, ninguno de vosotros ha llegado hasta aquí por sí solo. Cada uno forma parte de una comunidad mucho más amplia. Pensad en todas las personas que durante los últimos treinta años han trabajado para construir el Telescopio Espacial y sus instrumentos, así como en quienes han desarrollado las ideas científicas cuya verificación motivó su creación. Además de la contribución de vuestros colegas científicos, ingenieros y matemáticos, también gracias al apoyo de vuestras familias y de tantos amigos habéis podido apreciar y tomar parte en esta extraordinaria empresa que nos ha permitido ver de un modo nuevo el mundo que nos rodea.

Por tanto, no olvidéis nunca que lo que hacéis está orientado al beneficio de todos nosotros. Sed generosos al compartir lo que aprendéis y lo que experimentáis, con la mayor dedicación posible y de todas las maneras que os sea posible. No dudéis en compartir la alegría y el asombro que nacen de vuestra contemplación de las «semillas» que, con las palabras de san Agustín, Dios ha sembrado en la armonía del universo (cf. De Genesis ad litteram, V, 23, 44-45). Cuanta más alegría compartáis, más alegría crearéis, y así, mediante vuestra búsqueda del conocimiento, cada uno de vosotros podrá contribuir a la construcción de un mundo más pacífico y justo.

Con estas reflexiones, queridos amigos, os agradezco nuevamente vuestra visita y os aseguro mis oraciones por vosotros, por vuestras familias y por vuestro trabajo. Sobre todos vosotros invoco de buen grado las bendiciones de Dios de la sabiduría y de la comprensión, de la alegría y de la paz.

Que Dios os bendiga.

ACOGIDA EN LA SPECOLA VATICANA



P. Jacek Olczyk, SJ
Asistente del Director de la Specola Vaticana

Desde hace casi un siglo, la Specola Vaticana desempeña un papel importante en la difusión del conocimiento astronómico, inspirando a los visitantes y favoreciendo el diálogo entre estudiantes, investigadores y peregrinos a nivel global. En colaboración con los Museos Vaticanos, organiza visitas guiadas y sesiones de observación astronómica, acercando al público tanto al universo como al rico patrimonio cultural vaticano.

Al recorrer la vía Apia hacia el sur, ya desde lejos se distingue claramente el perfil del Palacio Apostólico de Castel Gandolfo. En sus tejados destacan dos cúpulas, inmediatamente reconocibles y, sin embargo, tan diferentes de las que coronan las iglesias: no custodian altares ni reliquias, sino instrumentos de observación que abren ventanas a los rincones más remotos y desconocidos del cielo. Son las cúpulas astronómicas de la Specola Vaticana, que desde hace casi un siglo permiten revelar el universo a los seres humanos, guiándolos hacia las profundidades del espacio. Todavía puede verse el lema grabado por el papa Pío XI cerca de la cúpula fotográfica: «*Deum Creatorem, venite adoremus!*», inspirado en las palabras de los Magos: «*Hemos visto su estrella y hemos venido a adorarlo*». Una invitación que ha acompañado a generaciones de astrónomos en su trabajo nocturno y que continúa hablando también a los visitantes de hoy.

Hoy los cuatro telescopios están abiertos a los visitantes. Las Cúpulas del Palacio Apostólico albergan un telescopio visual y un doble astrógrafo, instrumentos que permiten observar y fotografiar el cielo con gran precisión. Aquí los visitantes pueden asistir a un breve vídeo sobre la historia de la Specola y admirar una selección de instrumentos astronómicos que narran la evolución de la investigación científica. Las Cúpulas Barberini, en cambio, custodian el telescopio Schmidt, el *Carte du Ciel* y un amplio espacio museístico. Hoy los cuatro telescopios están abiertos a los visitantes y tienen un interés principalmente histórico, ya que, debido a la contaminación lumínica cada vez más evidente desde la década de 1970, el telescopio utilizado por la Specola Vaticana para las observaciones y la investigación astronómica es el VATT (Vatican Advanced Technology Telescope), construido en la década de 1980 en Tucson, Arizona.



La Specola Vaticana no es solo un observatorio científico, sino también un lugar de formación y un puente entre historia, ciencia y cultura. Catorce jesuitas trabajan actualmente en la Specola. A pesar de su reducido número y del intenso compromiso con la investigación, en el último año han acogido a visitantes de todas las edades y procedencias. Han sido recibidos estudiantes de liceos locales, profesores universitarios, investigadores internacionales, diplomáticos acreditados ante la Santa Sede y numerosos grupos religiosos —jesuitas, dominicas, salesianas, carmelitas y otros— ofreciendo oportunidades de diálogo entre fe, ciencia y contemplación de la creación.

En los últimos años la Specola ha emprendido un camino de apertura cada vez mayor al público gracias a la colaboración con la Dirección de los Museos Vaticanos. El 3 de agosto de 2023 se puso en marcha el programa oficial de visitas guiadas a la Specola y al Antiquarium, con salida desde el Palacio Pontificio. Desde 2024 es posible acceder también sin guía oficial, siempre que se esté acompañado por personal acreditado o por un astrónomo de la Specola, lo que hace la experiencia más flexible y personalizada.

También desde 2024 están activas las visitas públicas a los telescopios Carte du Ciel y Schmidt en las Cúpulas Barberini: grupos de hasta 25 personas, cinco jornadas al mes, en los días cercanos al Primer Cuarto de la Luna. Asimismo, se han introducido observaciones nocturnas bajo las estrellas, guiadas por astrónomos autorizados, que han tenido un éxito creciente.

El 19 de octubre de 2024 marcó otra etapa significativa: la apertura al público de las Cúpulas Astronómicas del Palacio Papal. En los primeros meses de 2025 se registraron más de 7000 visitantes, que se suman a los 1880 de 2024. También las visitas dedicadas exclusivamente a la Specola

muestran un crecimiento constante: de los 225 visitantes de 2023 se pasó a 447 en 2024, hasta llegar a 332 en los primeros meses de 2025.

En el marco del año jubilar, la Specola Vaticana, en colaboración con la Johns Hopkins University y el Space Telescope Science Institute (STScI), ha organizado una exposición titulada «*Encantados por la maravilla*», en las Cúpulas Barberini de las Villas Pontificias. La muestra celebra el asombro suscitado por las imágenes del cosmos captadas por los telescopios espaciales Hubble y James Webb. Retomando las palabras del papa León XIV, la exposición une belleza y conocimiento científico, mostrando planetas, estrellas nacientes, galaxias lejanas y fenómenos espectaculares que revelan la evolución del universo. El recorrido, enriquecido con las contribuciones de científicos de la Johns Hopkins University y del Space Telescope Science Institute, acompaña a los visitantes en un viaje a través de los descubrimientos que estos extraordinarios instrumentos han hecho posibles. La exposición representa un atractivo adicional para la experiencia de los visitantes en Castel Gandolfo.

Este camino de apertura y acogida es el resultado de un trabajo coral. La sinergia con la Dirección de los Museos Vaticanos ha resultado esencial para hacer operativos y accesibles los itinerarios de visita, garantizando al mismo tiempo seguridad, calidad y rigor científico.

Hoy la Specola Vaticana sigue siendo no solo un observatorio científico de relevancia internacional, sino también un lugar donde el conocimiento se entrelaza con la formación, el asombro y el encuentro entre personas y culturas. Bajo sus cúpulas, el cielo continúa ofreciendo a estudiantes, investigadores, religiosos y peregrinos una experiencia única, en la que ciencia, fe y belleza se encuentran de manera armoniosa y profunda.



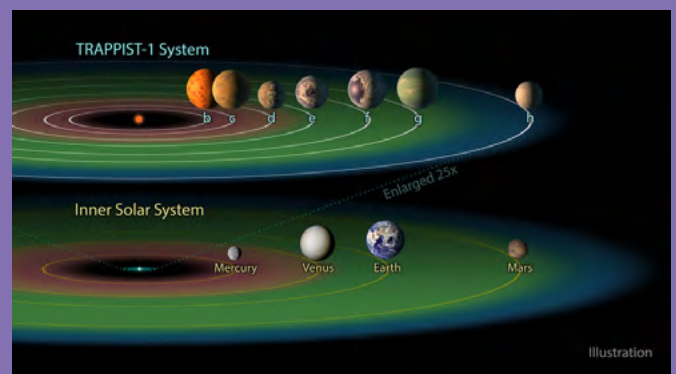
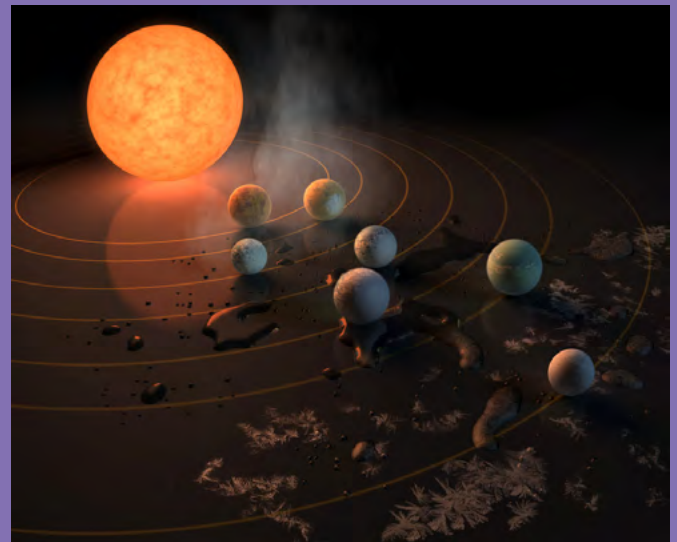
EXOPLANETAS: ¿ESTAMOS SOLOS EN EL UNIVERSO?



P. Richard D'Souza, SJ
Director de la Specola Vaticana

Los seres humanos siempre han estado obsesionados por tres preguntas fundamentales: **¿de dónde venimos?, ¿hacia dónde vamos?, ¿estamos solos en el Universo?** Con el desarrollo de la astronomía moderna, esta última cuestión ha evolucionado desde una antigua maravilla filosófica hasta convertirse en una de las búsquedas más urgentes de la ciencia contemporánea. Durante la mayor parte de la historia humana, los planetas de nuestro sistema solar eran los únicos mundos que conocíamos; sin embargo, cuanto más cuidadosamente los estudiábamos, más evidente resultaba que ninguno de ellos era actualmente hospitalario para la vida. La Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre (SETI, por sus siglas en inglés) lleva décadas examinando el cielo en busca de señales de radio anómalas que pudieran delatar la existencia de una civilización tecnológica en otro lugar del cosmos, hasta ahora sin resultados concluyentes. Mientras tanto, la cuestión de si otras estrellas podían albergar sus propios planetas permanecía en el terreno de la filosofía: una materia de especulación más que de ciencia. Esta situación cambió de manera radical en 1992, cuando los astrónomos detectaron los primeros exoplanetas confirmados en órbita alrededor de un púlsar, y nuevamente en 1995, cuando Michel Mayor y Didier Queloz descubrieron el primer planeta orbitando una estrella similar al Sol, 51 Pegasi b. Aquel hallazgo constituyó un hito histórico que les valió el Premio Nobel de Física en 2019. Queloz fue también profesor en una de las Escuelas de Verano de la Specola Vaticana, un vínculo particularmente significativo dada la profundidad de las cuestiones reabiertas por su descubrimiento. Desde entonces, la situación ha cambiado de forma vertiginosa. Hoy sabemos que los planetas no son accidentes cósmicos raros, sino una característica casi universal de las estrellas. Los científicos estiman que, solo en nuestra galaxia, existen miles de millones de mundos aún por comprender.

Los astrónomos utilizan diversas técnicas ingeniosas para detectar exoplanetas, ya que estos mundos distantes son demasiado pequeños y débiles para ser observados directamente mediante telescopios convencionales. El método más eficaz es el **método del tránsito**, mediante el cual los científicos monitorizan el brillo de una estrella a lo largo del tiempo y buscan diminutas disminuciones



TRAPPIST-1 System							
	b	c	d	e	f	g	h
Orbital Period (days)	1.51	2.42	4.05	6.10	9.21	12.35	~20
Distance to Star (AU)	0.011	0.015	0.021	0.028	0.037	0.045	~0.06
Planet Radius (Earth radii)	1.09	1.06	0.77	0.92	1.04	1.13	0.76
Planet Mass (Earth masses)	0.85	1.38	0.41	0.62	0.68	1.34	~

Solar System (Reference Planets)				
	Mercury	Venus	Earth	Mars
Orbital Period (days)	87.97	224.70	365.26	686.98
Distance to Star (AU)	0.387	0.723	1.000	1.524
Planet Radius (Earth radii)	0.38	0.95	1.00	0.53
Planet Mass (Earth masses)	0.06	0.82	1.00	0.11

que se producen cuando un planeta pasa por delante de ella. Así es como las misiones de la NASA Kepler y TESS han descubierto miles de mundos. Otro enfoque poderoso es el método de la velocidad radial, que detecta el sutil "balanceo" gravitacional inducido por un planeta en su estrella anfitriona. Mientras el planeta orbita, atrae ligeramente a la estrella hacia y desde la Tierra, provocando

desplazamientos medibles en el espectro de la luz estelar. La técnica del **microlente gravitacional** observa cómo la luz de una estrella distante se intensifica brevemente cuando una estrella que alberga un planeta pasa por delante de ella, curvando y amplificando la luz como si se tratara de una lente. Por último, la **observación directa**, aunque extremadamente exigente desde el punto de vista tecnológico, utiliza telescopios potentes equipados con coronógrafos para bloquear el resplandor de una estrella y fotografiar directamente los planetas en órbita. Este método funciona especialmente bien para planetas grandes y jóvenes situados lejos de sus estrellas. Actualmente conocemos más de 6000 exoplanetas confirmados, con miles de candidatos adicionales en espera de verificación, lo que revela una sorprendente diversidad entre ellos.

La extraordinaria variedad de exoplanetas ha transformado nuestras suposiciones sobre cómo se organizan los sistemas planetarios. Antes de los primeros descubrimientos, los astrónomos esperaban que otros sistemas se parecieran al nuestro: pequeños mundos rocosos cerca de su estrella y gigantes gaseosos más alejados, todo dispuesto de forma ordenada. La realidad ha resultado ser mucho más extraña. Se han descubierto “Júpiteres calientes”, gigantes gaseosos que orbitan tan cerca de sus estrellas que un año dura apenas unos días y las temperaturas superficiales alcanzan miles de grados. Se han encontrado también “supertierras”, mundos rocosos más grandes que nuestro planeta pero más pequeños que Neptuno, una clase de planetas que ni siquiera existe en nuestro sistema solar. Asimismo, se han identificado planetas que orbitan alrededor de estrellas binarias, auténticos “Tatooine” reales con dos soles que se ponen en el horizonte.

El descubrimiento que más despierta la imaginación del público es la posibilidad de encontrar un planeta similar a la Tierra dentro de la zona habitable de su estrella. La zona habitable es el intervalo de distancias orbitales en el que un planeta podría mantener agua líquida en su superficie: ni tan caliente como para que el agua se evapore, ni tan frío como para que se congele. Esta zona no corresponde a una distancia fija, sino que depende del tamaño, la temperatura y la luminosidad de la estrella anfitriona. En torno a una estrella pequeña y fría de tipo enana roja, la zona habitable se encuentra muy cerca, a veces a una fracción de la distancia entre la Tierra y el Sol. En cambio, alrededor de una estrella más grande y caliente, como una estrella de tipo F, se extiende mucho más lejos.

En el caso de nuestro Sol, la zona habitable se sitúa aproximadamente entre 0,95 y 1,67 veces la distancia entre la Tierra y el Sol, lo que coloca a la Tierra cómodamente dentro de ella y a Marte sugestivamente cerca de su límite exterior. Ya se han identificado varios candidatos convincentes de exoplanetas similares a la Tierra en zonas habi-

tables. El sistema TRAPPIST-1, situado a solo 40 años luz de distancia, contiene siete planetas de tamaño aproximadamente terrestre, tres de los cuales se encuentran dentro de la zona habitable.

Sin embargo, los científicos subrayan con cautela que encontrarse en la zona habitable es una condición necesaria pero no suficiente para la vida. Un planeta necesita también la composición atmosférica adecuada, actividad geológica, un campo magnético protector y otros factores para resultar verdaderamente hospitalario. Próxima Centauri b, que orbita nuestra estrella vecina más cercana, se encuentra dentro de la zona habitable de su estrella, aunque las violentas erupciones de esta podrían hacer que sus condiciones resulten hostiles para la vida.

Encontrar un planeta del tamaño adecuado, en la órbita correcta y alrededor del tipo de estrella apropiado es solo el comienzo. El desafío siguiente consiste en comprender cómo son realmente estos mundos: si poseen atmósferas, de qué están compuestas y si en ellos podrían darse condiciones compatibles con la vida tal como la conocemos. El reto es enorme, pues las atmósferas de los exoplanetas producen señales extremadamente débiles, enterradas en la intensa luz de sus estrellas anfitrionas. Sin embargo, los observatorios y las misiones espaciales de nueva generación continúan ampliando los límites de lo observable, manteniendo la fascinante posibilidad de encontrar vida más allá de la Tierra firmemente dentro del ámbito de la ciencia.

En los últimos años, los astrónomos han desarrollado varias estrategias prometedoras para buscar biosignaturas en la atmósfera de los exoplanetas. El enfoque principal consiste en analizar su composición atmosférica mediante una técnica llamada **espectroscopia de transmisión**, en la que los científicos estudian cómo la luz de una estrella atraviesa la atmósfera de un planeta durante un tránsito. Diferentes moléculas absorben la luz en longitudes de onda específicas, dejando una huella química que telescopios potentes como el James Webb Space Telescope (JWST) pueden descifrar. Los científicos buscan de manera particular biosignaturas, es decir, señales químicas fuertemente asociadas a procesos biológicos, como oxígeno, ozono, metano y óxido nitroso. La presencia simultánea de oxígeno y metano resulta especialmente sugerente, ya que estos gases reaccionan entre sí y desaparecerían rápidamente sin una fuente biológica constante que los repusiera. Además de la química atmosférica, los investigadores también buscan **biosignaturas superficiales**, como el llamado “red edge”, un aumento abrupto en la reflectancia infrarroja característico de la vegetación fotosintética en la Tierra y potencialmente detectable en otros mundos.

Hasta la fecha, no se han encontrado biosignaturas confirmadas en exoplanetas. No obstante, los avances tecnológicos y la nueva generación de telescopios espaciales previstos hacen muy probable que en los próximos años los científicos puedan detectar indicios indirectos de vida en otros planetas. Conviene subrayar que no se trata de vida inteligente, sino de la posible existencia de formas básicas de vida, como virus, bacterias, hongos u otros organismos elementales. Aun así, las consecuencias de un descubrimiento semejante serían enormes.

El hallazgo de formas básicas de vida en otro planeta constituiría probablemente uno de los acontecimientos teológicos y filosóficos más profundos de la historia humana, obligando a todas las grandes tradiciones religiosas a confrontarse con preguntas que sus textos y doctrinas nunca previeron explícitamente.

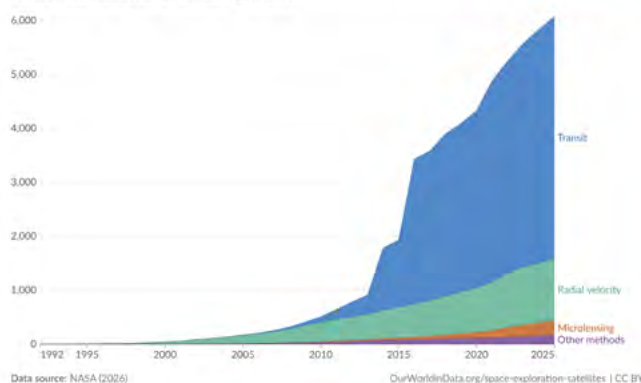
Para muchos cristianos —especialmente en tradiciones más literalistas— el desafío sería considerable: si la humanidad ha sido creada a imagen de Dios y la Tierra es el escenario divinamente dispuesto para la historia de la salvación, ¿dónde se situaría la vida extraterrestre dentro de ese relato? Sin embargo, numerosos teólogos católicos ya han comenzado a reflexionar sobre esta posibilidad, sosteniendo que un cosmos vasto y lleno de vida magnificaría, en lugar de disminuir, la gloria de Dios creador, reflejando una creatividad y una generosidad divinas que se extienden mucho más allá de nuestro pequeño rincón del universo. La Pontificia Academia de las Ciencias, junto con la Specola Vaticana, organizó ya en 2009 uno de sus primeros talleres dedicados a la astrobiología, afrontando precisamente estas cuestiones. En una entrevista concedida ese mismo año a *L'Osservatore Romano*, el entonces director de la Specola Vaticana, P. José Funes SJ, afirmó: *"No veo ninguna contradicción. Así como existe una multiplicidad de criaturas en la Tierra, también podrían existir otros seres, incluso inteligentes, creados por Dios... Esto no contradice nuestra fe, porque no podemos imponer límites a la libertad creativa de Dios. Como decía san Francisco, si podemos considerar a algunas criaturas terrestres como 'hermanos' o 'hermanas', ¿por qué no hablar también de un 'hermano extraterrestre'? También él pertenecería a la creación"*. En última instancia, el descubrimiento de vida más allá de la Tierra no destruiría necesariamente la religión. Más bien, probablemente desencadenaría uno de los mayores períodos de revisión teológica y reinterpretación desde que Copérnico desplazó la Tierra del centro del cosmos, desafiando a los creyentes a ampliar su comprensión de lo sagrado para abarcar un universo mucho más vasto y maravilloso de lo que las tradiciones habían imaginado.

Sin embargo, la ciencia de los exoplanetas ya está produciendo una revolución más cercana: ha reformulado nuestra comprensión de la propia Tierra. Nuestro planeta no

es el resultado inevitable de un modelo cósmico prefijado; es simplemente uno entre una gama casi inimaginable de posibilidades. Algunos sistemas planetarios son mucho más antiguos que el nuestro, y sus mundos han tenido miles de millones de años adicionales para evolucionar. Otros orbitan en configuraciones tan caóticas que las órbitas estables, y mucho menos la vida, parecen imposibles. Estamos apenas a unas décadas del inicio de la era de los exoplanetas, y el universo ya parece mucho más poblado, y mucho más fascinante, de lo que creíamos antes. La pregunta ya no es si existen otros planetas. La pregunta, cada vez más cercana a una respuesta, es si alguno de ellos alberga vida, y si esa vida podría estar observándonos a su vez.

Cumulative number of exoplanets discovered, by method

Cumulative number of planets discovered outside the Solar System, broken down by their first identification method: transit, radial velocity, microlensing, or other.



- 1. Transit method** The transit method detects exoplanets by observing the dimming of a star as an orbiting planet passes between the star and the observer. This transit results in a periodic and slight dip in the star's brightness, which can be measured to infer the planet's presence, size, and orbit.
- 2. Radial velocity method** Also known as Doppler spectroscopy, the radial velocity method measures changes in the star's spectrum due to the gravitational pull of an orbiting planet. As the planet orbits, it causes the star to move in a small orbit in response, which leads to slight shifts in the star's spectral lines due to the Doppler effect. These shifts can reveal the presence of a planet and provide information about its mass and orbit.
- 3. Microlensing method** Gravitational microlensing occurs when the gravitational field of a star (and potentially its planet) acts as a lens, magnifying the light of a background star that happens to pass behind it from the observer's perspective. The presence of a planet can be detected through the specific characteristics of the light curve produced by this event.

