

# CONSTRUYENDO LA CIENCIA DEL SIGLO XXI EN MÉXICO: HACIA UN PROYECTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA

*Dr. José Franco*

*Director del Instituto de Astronomía de la UNAM  
pepe@astroscu.unam.mx*

*Dr. Roberto Terlevich*

*Investigador Titular C, Coordinación de Astrofísica, INAOE  
rjt@inaoep.mx*

*Dr. José Guichard*

*jguich@inaoep.mx*

## CONSTRUYENDO LA CIENCIA DEL SIGLO XXI EN MÉXICO: HACIA UN PROYECTO NACIONAL DE ASTROFÍSICA

### RESUMEN

Hacemos una descripción de la situación actual de la astrofísica en México y de las facilidades existentes. También presentamos los proyectos de mayor envergadura que están siendo realizados con la participación de grupos del país y esbozamos los lineamientos para hacer un Plan Nacional de Astrofísica.

**Palabras clave:** Astrofísica, Observatorios, Astronomía, Plan Nacional de Astrofísica, Infraestructura Astronómica.

## BUILDING THE 21ST CENTURY SCIENCE IN MEXICO: TOWARDS A NATIONAL PROJECT IN ASTROPHYSICS

### ABSTRACT

This paper gives a brief description of the present state of Mexican astrophysics, and the available facilities to do research. We also present the main projects that are currently under construction and have participation of mexican groups, and provide a sketch for the initial steps toward a National Project on Astrophysics.

**Keywords:** Astrophysics, Observatories, Astronomy, National Project in Astrophysics, Astronomy Infrastructure.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la ciencia y tecnología mexicanas durante el siglo XX se ha dado, en gran medida, gracias a la infraestructura que han generado las Universidades e instituciones de investigación estatales y federales. La tarea ha muy sido difícil y todavía existe un buen número de asignaturas pendientes. Nuestro país tiene un déficit de personal especializado en todas las áreas del conocimiento y desafortunadamente, no se esta haciendo una inversión adecuada en la educación superior, ni en la ciencia, ni la tecnología, ni la industria. Hoy todavía tenemos grandes deficiencias con un muy escaso apoyo gubernamental y una casi nula inversión privada.

Como es fácil de imaginar, algunas áreas requieren laboratorios e instrumentación más complejos y costosos que otras. A nadie le sorprenderá enterarse que los temas más teóricos, como las matemáticas, la sociología, la jurisprudencia o la filosofía requieren una infraestructura más modesta que la física de altas energías, las ciencias biomédicas o la mecatrónica. Esto ha traído como consecuencia que se vea, al menos desde un punto de vista simplista, muy difícil financiar la investigación en las ciencias y tecnologías consideradas como "caras". Por ejemplo, las Universidades privadas están pensadas como negocios y no suelen asumir los riesgos de inversión que requiere la investigación científica, dedicándose casi exclusivamente a la formación de profesionistas en áreas "rentables". Queda entonces en los hombros de las Universidades e institutos estatales y federales el cargar con esta gran responsabilidad.

La dimensión del problema se aprecia más claramente cuando uno se entera de los magros presupuestos asignados a las instituciones de investigación y educación superior del país, que representa en la actualidad menos del 0.4 % de nuestro producto interno bruto. Por comparación, los países de la Unión Europea invierten más del 1 % y desean llegar al 3 % al término de esta década. Recientemente, el primer ministro británico Tony Blair anuncio que para competir con China e India, la Gran Bretaña debe dedicar más recursos a educación y ciencia. De hecho, considera que la prosperidad de ese país esta de por medio y va a aumentar la inversión del 4.7 al 5.7 % para finales del 2008. En el caso de Corea del Sur, que en los últimos 50 años ha salido paulatinamente de las ruinas después de la guerra, el gasto gubernamental en ciencia y tecnología asciende al 5 % y la inversión privada es todavía mayor a ese monto.

Nuestro país, entonces, esta lejos de competir en cualquiera de estos rubros y la brecha con los países industrializados se esta incrementando rápidamente. Este panorama dista mucho del mencionado en los discursos oficiales, pero no debe ser desalentador para nadie. Muy por el contrario, este es un momento para cambiar el rumbo y crear proyectos de gran alcance, ambiciosos y a largo plazo, que permitan crecer al país. La UNAM, la UAM, el Politécnico, las Universidades estatales y los centros CONACYT tienen el personal mejor capacitado y la infraestructura adecuada para iniciar y llevar a cabo estas empresas. Es un momento para reflexionar sobre nuestro papel en el avance de México y sumar esfuerzos para moldear los proyectos de ciencia y tecnología que requiere nuestro país. Quizás suene trillado pero las ciencias básicas, las aplicadas y las ingenierías deben crecer y entretorse para conformar una alternativa clara en este siglo XXI. La clave es la educación y preparación de alto nivel, no solo de nuestros jóvenes sino de toda la sociedad.

## LA ASTRONOMÍA ACTUAL

En el caso particular de la astrofísica podemos decir que el día de hoy tiene una posición adecuada para crecer. El grueso de los astrónomos profesionales del país, por ahora concentrados en unas pocas instituciones, tiene un buen prestigio internacional, ganado por sus aportes en las áreas de formación estelar, la física y la química del medio interestelar, la formación y evolución de nebulosas y chorros de plasma, la física de estrellas colapsadas, la dinámica estelar, los micro-quasares, los núcleos de galaxias activas y mas recientemente, la cosmología. Este trabajo se ha realizado con un enorme esfuerzo; México

solo cuenta con unos 140 investigadores y un número similar de técnicos en instrumentación, que compiten contra numerosos grupos de otros países con mejores recursos, telescopios mayores y una instrumentación de frontera.

Los grupos mexicanos están distribuidos principalmente en la UNAM (en los Institutos de Astronomía y Ciencias Nucleares y en los Centros de Radioastronomía y Astrofísica y el de Ciencias Físicas), en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) de Puebla y además en centros astronómicos de reciente creación en la Universidades de Guanajuato, Guadalajara, Monterrey y Sonora. Además, existen grupos interesados por temas afines en varias dependencias de la UNAM (Institutos de Física, Geofísica y Geología y la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico), en el CINVESTAV y en las Universidades de Baja California, Chihuahua, Zacatecas, de Las Américas y la Iberoamericana. La mayor parte de ellos tienen una experiencia salida en sus áreas de trabajo, tanto teórico como experimental y algunos son reconocidos como expertos a nivel mundial. Asimismo, el personal técnico es reconocido por su trabajo en las Áreas de Óptica y electrónica, y está desarrollando instrumentos competitivos de nueva tecnología (ver las contribuciones de Leonel Gutiérrez y Esteban Luna).

### FACILIDADES PRESENTES Y EN CONSTRUCCIÓN

El desarrollo futuro de la astrofísica mexicana dependerá de las posibilidades de crear nuevos proyectos de gran envergadura, que permitan construir una infraestructura sólida y que estimulen el crecimiento de las plantas científicas y técnicas. Nuestro punto de partida es que, de forma conjunta entre la UNAM y el INAOE, ya contamos con un par de Observatorios en Baja California y Sonora, están en construcción un radiotelescopio Gran Telescopio Milimétrico (GTM) en Puebla y somos socios tanto del Gran Telescopio de Canarias (GTC) como de los radiointerferómetros Expanded Very Large Array (EVLA) y Atacama Large Millimeter Array (ALMA). Además, existe una red de comunicaciones de alta velocidad, tanto paralela como vectorial, en varias Universidades. La infraestructura de cómputo tiene un uso intensivo con proyectos de alta calidad, como es ilustrado en el artículo de Alfredo Santillán y colaboradores. Todos estos desarrollos nos permiten ver el futuro con optimismo y dan la confianza requerida para iniciar nuevos y mejores proyectos de largo plazo.

#### *Observatorios actuales*

- Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir (OAN-SPM), Baja California, depende del Instituto de Astronomía de la UNAM, quien da el financiamiento para su operación y desarrollo. Su uso está disponible a cualquier astrónomo de una institución nacional, basado en propuestas científicas, así como para astrónomos extranjeros en programas de colaboración con investigadores nacionales. El OAN-SPM opera tres telescopios con diámetros de 2.1, 1.5 y 0.84 m que, junto con el telescopio Cananea descrito abajo, son la principal herramienta astronómica de nuestro país (ver el artículo de José Alberto López).
- El Observatorio Astrofísico Guillermo Haro (OA-GH) en Cananea, Sonora, es operado y financiado por el INAOE. Se encuentra ubicado en la Sierra de la Mariquita, a 26 Km de la ciudad de Cananea, Sonora a una altura de 2500 msnm. Cuenta con un telescopio de 2.1 m y al igual que el OAN-SPM, esta disponible para astrónomos de instituciones nacionales y extranjeras.

Lamentablemente, tanto el OAN-SPM como el OA-GH han perdido competitividad internacional debido a la pequeña capacidad de los telescopios y la falta de instrumentación moderna. Este rezago es aun más lamentable cuando se considera la buena posición de la astronomía mexicana en el contexto mundial. En el caso del OA-GH las condiciones atmosféricas del lugar son buenas, pero esta aumentando la

contaminación local lo cual tiene un impacto negativo en las condiciones atmosféricas. Por su lado, la sierra de San Pedro Mártir es un lugar privilegiado desde el punto de vista astronómico. El OAN se ubica en la parte alta, a 2800 m, en una zona remota pero de fácil acceso y donde los centros urbanos más cercanos tienen una baja tasa de crecimiento. Como puede inferirse del artículo de José Alberto López, el cielo de SPM es particularmente oscuro e idóneo, como quedan muy pocos en el mundo, para desarrollar un gran observatorio astronómico de nivel mundial.

### **Proyectos en construcción**

México esta participando en varios proyectos de gran envergadura y que están en proceso de construcción, tanto en nuestro país como en el extranjero. Somos socios en un proyecto internacional en el óptico, tres en radio frecuencias y uno satelital en ultravioleta, pero cada uno de estos proyectos se desarrolla en un país diferente. Además, existe un proyecto de manejo y almacenamiento de grandes bases de datos astronómicos que hará un uso intensivo de Internet II.

- El Gran Telescopio Canarias (GTC) esta siendo construido en las Islas Canarias, España, por un consorcio internacional que incluye a España (con el 90 % de financiamiento), Estados Unidos (5 %) y México (5%). El telescopio tendrá un diámetro de 10.4 m y estará listo en el 2005. Nuestra participación, además del 5% en financiamiento, contempla el diseño y construcción de algunos instrumentos científicos de avanzada como son la Cámara de Verificación y el Espectrógrafo
- OSIRIS (ver el reporte de José Duarte y colaboradores, así como el número 65 de la revista *¿Cómo Ves?*).
- El Gran Telescopio Milimétrico (GTM) esta siendo construido en la sierra de la Negra en Puebla, por un consorcio binacional constituido por el INAOE y la Universidad de Massachusetts, USA. Este radiotelescopio tiene un diámetro de 50 m y estará terminado en 2005. Su construcción ha implicado muchos retos ya que es la mayor antena para observaciones a 350 GHz construida a la fecha y es el proyecto de infraestructura científica de mayor envergadura en nuestro País. (Ver el artículo de Luis Carrasco).
- Los arreglos radiointerferométricos Expanded Very Large Array (EVLA) y Atacama Large Millimeter Array (ALMA) están enfocados para producir imágenes del cielo en ondas de radio con una resolución excelente, mucho mejor que las obtenidas con telescopios ópticos-infrarrojos. La interferometria es una técnica donde se observa simultáneamente con varios telescopios un mismo objeto. Al mezclarse las señales obtenidas se pueden crear imágenes con una resolución espacial igual a la que tendría un solo telescopio con un diámetro similar a la distancia entre los telescopios involucrados. El proyecto EVLA es realidad, la modernización del Very Large Array (VLA), un radiointerferometro ya existente y muy exitoso, ubicado en el desierto de Nuevo México, USA. Con las mejoras proyectadas, que estarán listas en 2008, se obtendrá un instrumento mucho más potente que el actual y con un rango espectral de observación ampliado. México, a través de la UNAM, participa en este proyecto con aproximadamente el 3% del costo. Esta es una suma modesta que nos da acceso a uno de los instrumentos radioastronómicos más poderos que hay en operación. Una ventaja adicional del presente arreglo de participación, es que también nos dará acceso a tiempo de observación en ALMA, de la misma manera a como lo haría cualquier investigador estadounidense. El proyecto ALMA es un consorcio entre USA y la Comunidad Europea que tendrá un costo mínimo de aproximadamente 600 millones de dólares.
- El World Space Observatory (WSO) es un proyecto para construir un observatorio espacial en

el ultravioleta (UV). El proyecto satelital es desarrollado por Rusia y China y los instrumentos los hará un consorcio de países europeos. El proyecto todavía no cuenta con todo el financiamiento requerido, pero ya ha sido apoyado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y considera la participación de países que no tienen proyectos espaciales propios. En el caso de México, que no tiene agencias espaciales, la participación se centrará en el desarrollo de grupos de análisis de datos y la UNAM y el Centro de Investigación Científica y Estudios Superiores de Ensenada (CISESE) se han comprometido en desarrollar la infraestructura necesaria. Todavía no existe una fecha definida de lanzamiento, pero se espera la definición a finales de este año.

- El Observatorio Virtual Mexicano: En la actualidad tenemos la disponibilidad de enorme cantidad de datos observacionales, para los cuales la comunidad astronómica no esta realmente preparada. Esto es debido, de manera particular, a que en los últimos años ha madurado la Cosmología Observacional como una rama dominante de la Astrofísica, que esta alimentándose de los datos de grandes telescopios y del interés creciente en la comprensión de la estructura y evolución del Universo a gran escala. Con el GTM, México será un contribuyente clave en esta área, ya que va a recolectar y archivar enormes conjuntos de datos. Las cantidades esperadas superan las capacidades presentes de manejo y análisis de datos de las instituciones involucradas. Para afrontar este reto, el INAOE creó el grupo del Observatorio Virtual, cuyo objetivo es crear grupos interdisciplinarios con preparación y experiencia en computación, estadística, astrofísica, dinámica y visualización, que puedan aprovechar el flujo de datos, obtenidos tanto desde tierra como desde el espacio, relacionados con Cosmología. La formación de un Observatorio Virtual Mexicano permitirá, además del acceso a las bases de datos mencionadas, crear la infraestructura y el modelaje teórico necesarios para desarrollar investigaciones de frontera en México

## VISIÓN Y METAS PARA EL FUTURO

Como puede verse en este breve resumen, ya existen buenos proyectos en desarrollo y ahora habrá que elaborar nuevas iniciativas que nos permitan garantizar una astrofísica saludable para las próximas décadas. Tanto la UNAM como el INAOE se proponen fortalecer la investigación en astrofísica y áreas afines durante los próximos años, siguiendo un esquema lógico y simple.

Nuestro objetivo principal es aumentar y mejorar la planta de investigadores en todo el país y crear una infraestructura astronómica de muy alta calidad que mantenga a México a la vanguardia mundial en esta área. Para lograr este propósito se requiere crecer alrededor de proyectos claros, de gran envergadura pero alcanzables en la década presente. Esto debe incluir, además de un fuerte impulso al posgrado en astronomía, estimular la creación de nuevos centros de astronomía en el país y consolidar, con todos los grupos interesados, un proyecto nacional de astrofísica. Hay por lo menos tres puntos que deben atenderse en el corto plazo:

- a) El primer paso es conocer, apoyar y difundir los planes existentes de los diferentes grupos nacionales. El resumen presente solo incluye los proyectos más conocidos, pero todavía hace falta hacer un censo cuidadoso de todos los proyectos que hay en la actualidad. Debemos sumar y evaluar todas las iniciativas astronómicas existentes y los proyectos en áreas afines, como son la física de altas energías, la geofísica y la geología.
- b) Deben definirse estrategias para consolidar y ayudar a crecer a los grupos más pequeños dedicados a la astrofísica. Asimismo, debe estimularse la creación de nuevos grupos de investigación en las Universidades de todo el país.

- c) Finalmente, es necesaria la creación de consorcios nacionales e internacionales para construir más facilidades y nuevos telescopios en nuestro país. En especial, debe mejorarse la infraestructura del OAN-SPM, que tiene condiciones óptimas para poner telescopios grandes y de nueva tecnología. La UNAM y el INAOE ya están trabajando, en colaboración con la Universidad de Arizona, USA, para construir un nuevo telescopio de gran apertura en SPM, cuyo diámetro tendrá entre 6.5 y 8.4 m.

Pareciera que este es un buen momento para planear y llevar a cabo proyectos multi-institucionales de investigación, que a su vez sean los motores para generar nuevos proyectos instrumentales de alta tecnología. Es muy importante crear vínculos entre las dependencias donde se hace astrofísica e instrumentación aplicada. También se requieren promover las carreras afines a la astronomía, en el mayor número de universidades del País, así como establecer convenios de colaboración para fortalecer un intercambio académico y técnico que nos permitan crecer sanamente.