

PLAN DE DESARROLLO 2011–2015
CENTRO DE RADIOASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA

Universidad Nacional Autónoma de México
Campus Morelia

Dra. Estela Susana Lizano Soberón
Directora

El Centro de Radioastronomía y Astrofísica

El Centro de Radioastronomía y Astrofísica (CRyA), ubicado en el Campus de la UNAM en Morelia, es un centro de investigación básica. Las líneas de investigación que se cultivan son: medio interestelar, formación de estrellas y discos protoplanetarios, estrellas evolucionadas, astronomía extragaláctica y cosmología, astrofísica de altas energías y astrofísica atómica y molecular.

La misión del CRyA es mantener líneas de investigación en astronomía innovadoras y de alto nivel e impacto, así como abrir nuevas líneas en áreas de la astrofísica moderna que aún no se practican en el país.

Los objetivos del CRyA son realizar investigación en astronomía de excelencia con un enfoque que combine las observaciones en múltiples frecuencias y la teoría, formar recursos humanos altamente especializados, y llevar a cabo difusión de la astronomía.

DIAGNOSTICO INSTITUCIONAL

- *Planta académica*

El Centro de Radioastronomía y Astrofísica (CRyA) cumple 8 años desde su creación el 20 de marzo de 2003. En este tiempo el centro se ha consolidado. Actualmente el CRyA tiene una planta académica de 19 investigadores, 4 técnicos académicos y 2 investigadores postdoctorales. La planta académica ha madurado; más del 60% de los investigadores son Titulares B o C; 70% son niveles 2 o 3 del SNI; 3 de los 4 técnicos académicos terminaron una maestría y se promovieron a titulares A o B.

- *Investigación*

La investigación astronómica en el CRyA utiliza un enfoque moderno que consiste en estudiar los objetos celestes en un rango amplio de frecuencias, desde el radio, pasando por el infrarrojo y el óptico hasta el ultravioleta, rayos X, e incluso, rayos gamma. Además, las observaciones se complementan con una interpretación teórica. Por esto, es política del centro apoyar por igual todas las actividades de investigación, de acuerdo a la productividad, pero sin menospreciar una por otra. El CRyA realiza el 70% de la investigación en radioastronomía en México.

Durante los 4 últimos años, el centro ha mantenido una gran actividad en el área de la investigación:

- Sus investigadores realizan investigación astronómica de frontera con una tasa promedio de 3.4 artículos arbitrados/investigador/año. Alrededor del 30% de los artículos se publican en colaboración entre miembros del centro.

- Este trabajo es de gran impacto en la comunidad astronómica internacional como muestran indicadores como las citas bibliográficas que han ido en aumento y rebasaron las 4,000 citas a todos los investigadores del CRyA en 2010.
- Los investigadores del CRyA imparten conferencias invitadas en congresos internacionales y participan en jurados de evaluación de propuestas de observación y proyectos de telescopios internacionales.
- En 2010, con apoyo del CONACyT, los radioastrónomos del CRyA participaron en el aumento de sensibilidad del interferómetro de radio de base muy larga, Very Long Baseline Array (VLBA) que se localiza en EUA, Hawaii y las Islas Vírgenes. En 2011 este grupo consiguió uno de los proyectos más grandes del VLBA con 3,000 horas de observación para estudiar cientos de estrellas jóvenes.
- En el último periodo, se realizaron en el CRyA 3 conferencias internacionales (Infancy of Massive Stars 2009, Taller México-Chile 2010, y LARIM 2010).

- *Docencia*

El CRyA es una de las sedes del Posgrado en Ciencias (Astronomía), junto con el Instituto de Astronomía (CU y Ensenada), el Instituto de Ciencias Nucleares y la Facultad de Ciencias. Todos los investigadores participan en este posgrado como tutores, asesores e impartiendo clases. Algunos investigadores también dan clases en la Licenciatura en Física de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

El estado actual de la actividad docente se puede resumir:

- El CRyA cuenta con 20 estudiantes adscritos al posgrado: 8 de maestría y 12 en el doctorado. Tenemos la capacidad para atender el doble de este número. Actualmente ingresan uno o dos estudiantes por semestre a la maestría. Una proporción importante de nuestros egresados de la maestría optan por estudiar el doctorado en el extranjero, principalmente en EUA, Alemania y España, porque tienen un perfil académico internacional.
- A pesar de no tener licenciatura propia, hay 10 estudiantes de otras instituciones que se encuentran realizando sus tesis de licenciatura con investigadores del CRyA.
- En el periodo 2007–2011 se dirigieron 16 tesis de licenciatura, se graduaron 29 estudiantes de maestría y se dirigieron 10 tesis de doctorado. Las tasas de graduación son muy buenas; son muy pocos los estudiantes que se quedan sin la beca de CONACyT.
- Se expandió el Laboratorio de Radioastronomía para Docencia con una Granja de Antenas, la cual es una zona experimental en donde los estudiantes del laboratorio pueden hacer sus proyectos de tesis de licenciatura.
- Se iniciaron los Talleres de Ciencia para Jóvenes de Preparatoria, en los que participan las entidades del campus Morelia, y los Talleres de Radioastronomía para los maestros y estudiantes de las preparatorias y CCHs de la UNAM que participan en la Red Mexicana de Radiotelescopios.

- *Divulgación*

El CRyA tiene un investigadora encargada de la divulgación que coordina los diversos eventos y actividades para la sociedad michoacana. Se llevan a cabo un promedio de 130 eventos

de divulgación al año; varios de estos eventos se hacen en colaboración con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Esta labor de divulgación ha tenido un gran impacto en el estado; tan sólo en el 2009, Año Internacional de la Astronomía, se atendió a 100,000 personas.

Otras actividades de divulgación realizadas en el último periodo son:

- Se construyó el Paseo de las Ciencias en el campus en donde los estudiantes y grupos de visitantes pueden aprender ciencia de forma interactiva y amena.
- Se empezaron a vender los AstroJuegos, material didáctico generado por miembros del centro que se usa en las escuelas y talleres.
- Se donaron 200 telescopios a escuelas de nivel secundaria y se realizaron talleres de entrenamiento para maestros.

- *Administración*

La actividad académica del CRyA es apoyada por un equipo administrativo muy eficiente que consta de: una delegada administrativa, una contadora, dos asistentes de la dirección y de la secretaría académica, y un asistente de procesos para el posgrado. El personal de base está adscrito a la Coordinación de Servicios Administrativos del Campus Morelia.

- *Infraestructura*

El CRyA cuenta con instalaciones de aulas, oficinas, laboratorios, un acervo bibliográfico, una sala acondicionada de servidores de cómputo y un auditorio. El CRyA comparte el edificio con el Centro de Ciencias Matemáticas. Durante el periodo se construyó una ampliación de 16 oficinas, lo cual permitió un reacomodo de los grupos académicos. Actualmente, se cuenta con espacios apropiados para los investigadores y estudiantes.

El cómputo, la red interna y la conexión al internet son fundamentales para la investigación realizada en el CRyA. Actualmente, cada investigador y estudiante tiene una computadora en su oficina, hay servidores centrales de archivos y *software* y se cuenta con varios equipos de alto rendimiento, adquiridos mediante proyectos de varios investigadores. La red interna fue actualizada en el último periodo y ahora tiene una velocidad de 1 Gb/s. La conexión al internet es compartida entre todas las entidades del Campus Morelia y tiene un ancho de banda de 20 Mb/s para internet comercial y 20 Mb/s para internet 2. Esta velocidad resulta insuficiente para la transferencia de los datos que están produciendo los nuevos observatorios astronómicos y los resultados de las simulaciones numéricas que se realizan en supercomputadoras externas al CRyA.

El CRyA hace uso cada vez mayor del sistema de videoconferencias para participar en reuniones de los órganos colegiados de la UNAM, para tener sesiones de trabajo con colegas de otras instituciones, y para participar en exámenes de grado de nuestro posgrado. El uso de las videoconferencias ahorra mucho dinero y tiempo. Se tienen 3 salas equipadas para este fin pero el equipo es punto a punto. Por esto, todas las conexiones multipunto se tiene que rutear via CU, lo cual requiere mucha coordinación y no es idóneo.

- *Resumen del diagnóstico*

1. La investigación realizada por los investigadores del CRyA es de muy alto nivel y de alto impacto y reconocimiento a nivel internacional. Hay que mantener este nivel de

excelencia y apoyar a los investigadores de todas las áreas, tanto observacionales como teóricos.

2. Existen oportunidades sin precedentes en el área de interferometría de radio con los nuevos observatorios internacionales, como ALMA en Chile, que el CRyA debe aprovechar.
3. Es necesario buscar maneras de aumentar la matrícula del Posgrado en Astrofísica en el CRyA. Tenemos la capacidad de atender el doble del número de estudiantes inscritos actualmente.
4. Las iniciativas de promoción de la ciencia y, en particular, la radioastronomía, a nivel medio superior y licenciatura son prometedoras y rendirán fruto a largo plazo.
5. La tarea de divulgación es nuestro vínculo con la sociedad michoacana y hay que continuar el excelente trabajo que se realiza en este área, además de alcanzar a más gente.
6. Para mantener el alto nivel y relevancia de la investigación realizada en el CRyA, es muy importante buscar maneras de conseguir equipos de cómputo actualizados y de muy alto rendimiento, así como una conexión a internet lo más rápida posible para facilitar la transferencia de grandes cantidades de datos.

OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS

- *Investigación*

Se tienen las siguientes prioridades:

1. Impulsar la calidad e impacto de la investigación astronómica en el CRyA.
2. Impulsar la participación de los radioastrónomos del CRyA en los grandes proyectos internacionales de interferometría de radio del siglo XXI.

El Expanded Very Large Array (EVLA; en Nuevo Mexico, EUA) comenzó a operar en el 2010 y el Atacama Large Millimeter Array (ALMA; en el Desierto de Atacama, Chile) en el segundo semestre de 2011. Además, está en funcionamiento el Submillimeter Array (SMA; en Hawaii). Con estos 3 interferómetros iniciará una época de descubrimiento científico en el que participarán los radioastrónomos del CRyA. Por esto, se espera aumentar la productividad e impacto de las investigaciones del CRyA.

Estrategias:

1. Apoyar un vigoroso intercambio académico en el CRyA con las instituciones encargadas de los nuevos interferómetros de radio. Gestionar los recursos necesarios para realizar estas actividades de intercambio.

2. Continuar el enfoque multifrecuencias y apoyar también la astrofísica teórica realizada en el CRyA.
3. Promover la organización de un congreso o taller internacional en el CRyA para proyectar la investigación que se realiza en el centro e impulsar la captación de posdoctorados y estudiantes de instituciones extranjeras.

- *Docencia*

Se tienen las siguientes prioridades:

1. Aumentar al doble la matrícula del Posgrado en Astrofísica.
2. Utilizar los nuevos interferómetros internacionales de radio para entrenar a nuestros estudiantes.
3. Promover la radioastronomía en México a nivel medio y superior.
4. Buscar una forma de participación docente del CRyA en la nueva ENES en Morelia.

Actualmente el CRyA cuenta con el 25% de los estudiantes del Posgrado en Ciencias (Astrofísica) de la UNAM. Se tiene una graduación continua de maestros y doctores (0.1 doctorados/investigador/año). Sin embargo, en los últimos 2 años disminuyó en 20% la matrícula del posgrado. Una causa importante de este fenómeno es que los egresados de maestría tienen un perfil académico internacional y varios de ellos obtuvieron becas en EUA, Alemania y España para realizar su doctorado. En el CRyA se alienta a los estudiantes a que sigan este camino y se expongan temprano a otros ambientes de trabajo.

La investigación con los nuevos interferómetros internacionales de radio que se mencionaron arriba generará una derrama hacia el posgrado por medio de conferencias, talleres y dirección de tesis de doctorado en temas novedosos.

En Morelia se creará una Escuela Nacional de Estudios Superiores para el 2012. El CRyA deberá aprovechar esta oportunidad de tener estudiantes a nivel de licenciatura. Se están considerando varias opciones, entre ellas, una Licenciatura de Ingeniería Espacial y Astrofísica. Esta requiere un perfil de físico aplicado que pueda especializarse en ingeniería de telecomunicaciones y construcción de satélites o en astrofísica. Otra posibilidad es una Licenciatura en Física Computacional, con un perfil de físico aplicado que sepa de cómputo moderno (por ejemplo, cómputo en paralelo, manejo de bases de datos, procesamiento de imágenes). Cualquiera de estas licenciaturas requerirá de la participación de varias facultades, centros e institutos de la UNAM. En particular, el CRyA podrá impartir asignaturas de astrofísica en el último año de estas licenciaturas.

Estrategias:

1. Realizar una campaña vigorosa a nivel nacional para captar estudiantes para la maestría de fuera del estado de Michoacán, particularmente de estados de provincia. Buscar fondos para que los investigadores vayan a instituciones donde hay licenciaturas en física para impartir conferencias acerca de la investigación que se realiza en el CRyA.
2. Fomentar iniciativas para atraer alumnos de Latinoamérica y otros países. Una posibilidad es una escuela internacional en el CRyA.

3. Hacer énfasis en los temas novedosos que resultan de la participación de miembros del CRyA en los nuevos interferómetros internacionales de radio para atraer estudiantes hacia nuestro posgrado por medio de conferencias, talleres y dirección de tesis.
4. Incrementar los talleres de radioastronomía para estudiantes de preparatorias y CCHs participantes en la Red Mexicana de Radiotelescopios para entrenarlos y motivarlos en su trabajo.
5. Trabajar con otras facultades, centros e institutos de la UNAM en el planteamiento de licenciaturas para la ENES en donde investigadores del CRyA podrán impartir asignaturas de astrofísica.

- *Divulgación*

Se tienen las siguientes prioridades:

1. Incrementar el impacto de la divulgación del CRyA a estudiantes y público en general.
2. Colaborar con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y la Secretaría de Educación del Estado de Michoacán.
3. Proteger los derechos de autor de los Astrojuegos.

Las actividades de divulgación, muchas de ellas en colaboración con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, siempre son muy populares y bien atendidas. Si las condiciones de seguridad lo permiten, se deberá llegar a las comunidades rurales en donde existe mucha demanda. Cada vez que los estudiantes de estas comunidades llegan al campus, a una de las conferencias o noches de observación del CRyA, muestran un gran interés que se debería de fomentar.

La Secretaría de Educación del Estado de Michoacán (SEE) ha seguido el programa de donación de telescopios a escuelas secundarias que inició el CRyA. El centro apoya a la SEE con la capacitación a los maestros en el uso de los telescopios.

Se ha iniciado el proceso de proteger los derechos de autor del material didáctico elaborado en el CRyA (AstroJuegos) y es muy importante concluir este proceso.

Estrategias:

1. Se impulsará una actividad de divulgación vigorosa con conferencias y talleres para estudiantes y público en general. Se continuará la colaboración en esta área con la UMSNH.
2. Se fomentará la buena relación que existe con la SEE mediante el apoyo que ofrece el CRyA a su programa de donación de telescopios. La capacitación a los maestros en el uso de los telescopios es necesaria para asegurar el éxito de este programa.
3. Se buscará una empresa para comercializar los AstroJuegos y así garantizar los derechos de autor de este material didáctico.

- *Planta Académica*

Se tienen las siguientes prioridades:

1. Gestionar al menos 2 plazas en los próximos 2 o 3 años para jóvenes investigadores expertos en las áreas importantes de la astrofísica moderna de interés del CRyA.

El centro quiere seguir con una política de crecimiento moderada y selectiva y alcanzar los 25 investigadores a mediano plazo. Sin embargo, ha sido difícil crecer porque no hay plazas. Gracias al apoyo de la Coordinación de la Investigación Científica se obtuvo una nueva plaza en los últimos 4 años; sin embargo, esto resulta insuficiente. Hay egresados del CRyA muy buenos que han ya terminando 2 años de estancias postdoctorados en instituciones internacionales de gran prestigio. Varios de ellos son expertos en interferometría milimétrica.

PROYECTOS ESPECIFICOS

1. Laboratorio de Cómputo de Alto Desempeño

El trabajo de los astrónomos (teórico y observacional) requiere de equipo de cómputo de cálculo muy veloz y con gran capacidad de almacenamiento. Este equipo de cómputo de alto desempeño (multiprocesador) ha crecido exponencialmente en el centro y no está albergado en las condiciones adecuadas (humedad, temperatura, estática). Por esto se planteó un Laboratorio de Cómputo de Alto Desempeño (datacenter) construido con las especificaciones correctas para proteger una inversión en equipo de millones de pesos y garantizar el desarrollo de la investigación del CRyA.

Este laboratorio beneficiará no sólo a la investigación sino que se prevee que los técnicos de cómputo junto con investigadores del CRyA podrán impartir cursos y dirigir tesis de estudiantes de los Institutos Tecnológicos del estado, en áreas como cómputo paralelo, seguridad, administración de redes y servicios. Esta actividad alentará a los técnicos académicos a mantener una actualización continua y les permitirá promoverse académicamente. También, beneficiará a la sociedad y a la vez, podrá proporcionar recursos extraordinarios al CRyA. Todo esto teniendo cuidado de que se atienda con prioridad la actividad académica.

La estructura del datacenter permitirá alojar muchos equipos en una área pequeña de manera eficiente, sin riesgos de sobrecalentamiento en tableros y cableado eléctrico. Se tendrán espacios adecuados que permitirán operar a técnicos y estudiantes en condiciones de seguridad. Actualmente se ha restructurado y aumentando el proyecto de este laboratorio para poder albergar equipo de otras entidades del campus, por sugerencia del Sr. Rector. Gracias al apoyo de a UNAM, la construcción de este laboratorio estará concluida para el primer semestre del 2012.

Finalmente, disponer de este Laboratorio de Cómputo de Alto Desempeño permitirá a los radioastrónomos del CRyA establecer un Nodo del interferómetro Atacama Large Millimeter Array (ALMA) para México y Centroamérica en el CRyA en donde astrónomos y estudiantes vengan a reducir Terabytes de datos. Este interferómetro requiere de capacidades de

transferencia, almacenamiento, y procesamiento de datos mucho mayores que los que hay disponibles hasta ahora. Se ha obtenido financiamiento de CONACyT para un sistema de cómputo de alto desempeño para el manejo de estos datos. El nodo de ALMA en el CRyA será utilizado no sólo por los astrónomos de CRyA, sino por todos los interesados del resto del país, así como de Centroamérica, Venezuela y Colombia. El CONACyT ha aprobado un fondo para actividades México-Centroamérica en las ciencias físico-matemáticas que se podrá utilizar para financiar los gastos de viaje y estancia.

2. Conexión a internet con velocidad de 1Gb/s

Se ha solicitado a la Dirección General de Cómputo y Tecnologías de la información (DGTIC) que considere al campus Morelia como una de las sedes foráneas de la UNAM que requiere una conexión a internet con velocidad de 1Gb/s. Esta alta velocidad se requiere para la transmisión tanto de datos de observatorios externos como para datos de simulaciones numéricas. Esto es un proyecto muy importante que habrá que impulsar.

En particular, el acceso al interferómetro ALMA en Chile requerirá de anchos de banda muy grandes para poder recibir los datos desde Chile a México. En sus modos más poderosos, ALMA alcanzará una tasa de producción de datos de 64 MB/s, lo cual implica que en una sesión típica de observación de 10 horas se acumularán 2.3 TB de datos. Para transferir estos datos de 10 horas de observación en las condiciones actuales en el campus, en las que se logran tasas menores que 1 MB/s, se requeriría de un tiempo total de casi 1 mes. Por esto se necesita una conexión con mayor ancho de banda para el campus Morelia.

3. Granja de antenas

Se inició una granja de antenas adyacente a la zona sur del edificio del CRyA. Ya se instalaron 3 antenas y se compraron otras 12 antenas. Esta granja será utilizada por el Laboratorio de Radio para Docencia para que estudiantes de licenciatura y posgrado hagan proyectos de investigación. En este laboratorio se podrían hacer prototipos de antenas de muy baja frecuencia para futuros interferómetros como el Square Kilometer Array que funcionará a 21 cm y dará información del hidrógeno del universo con una resolución angular sin precedentes. Será necesario apoyar el desarrollo de esta granja para culminar el proyecto.

4. Escuelas y talleres a nivel medio y superior

En el CRyA se realizan en forma bianual las Escuelas de Verano en Astronomía para estudiantes de los últimos semestres de licenciatura. Estas escuelas se han convertido en una fuente muy importante para captar estudiantes para el posgrado y se debe de garantizar su continuidad. Además, estas escuelas son muy importantes para la comunidad del CRyA, puesto que se involucran a todos los miembros del CRyA, desde los investigadores quienes imparten clases y talleres, los estudiantes de posgrado quienes apoyan los talleres y se encargan de las noches de observación con telescopio, los técnicos académicos quienes apoyan con el equipo necesario y la instalación de programas y software, y los administrativos quienes se encargan de la logística.

Otro proyecto importante es el de los Talleres de Radioastronomía para las preparatorias y CCHs de la UNAM que forman parte de la Red Mexicana de Radiotelescopios. Se han realizado talleres para maestros en forma continua desde el 2009 y en agosto de 2011 se realizó el primer taller para estudiantes asociados a la red. Es importante continuar con estos talleres de capacitación dirigidos al nivel medio superior.

En el Campus Morelia de la UNAM, además se realizan en forma bianual los Talleres de Ciencia para Jóvenes para estudiantes de preparatoria. El CRyA es uno de los organizadores principales de estos talleres que se deben de seguir apoyando. Esta es una tarea muy importante para fomentar vocaciones y guiar a los jóvenes hacia una mejor comprensión del papel de la ciencia en el mundo actual.

5. Congresos Internacionales

Se realizarán reuniones de trabajo México-Chile para trabajar en propuestas de observación para los interferómetros internacionales ALMA, SMA y EVLA.

En este periodo se propone realizar un congreso internacional en áreas que se cultivan en el CRyA. Además de presentar resultados científicos y fomentar colaboraciones académicas, este congreso servirá para promover el CRyA ante estudiantes e investigadores jóvenes.

6. Transformación en el Instituto de Radioastronomía y Astrofísica

Dada la madurez académica del CRyA, el reconocimiento nacional e internacional de sus investigadores y su participación en proyectos de interferómetros internacionales, su desarrollo del posgrado y su impacto en la sociedad por medio de la formación de recursos humanos y la divulgación de la ciencia, se ha solicitado al CTIC que considere la transformación del CRyA en el Instituto de Radioastronomía y Astrofísica. Esta solicitud ingresó formalmente al CTIC en sesión del 28 de abril de 2011. Este es un gran reto para el centro y se espera que, dada la solidez académica del CRyA, se pueda avanzar exitosamente en las comisiones que estudien el caso. Se trabajará con empeño para lograr que se concluya el proceso con éxito.

MECANISMOS DE EVALUACION

El trabajo de los astrónomos del CRyA se mide por: publicaciones arbitradas en revistas de alto impacto; citas en la literatura internacional; cursos y tesis de licenciatura, maestría y doctorado; y actividades de divulgación al público en general. Esta evaluación no es sólo cuantitativa sino cualitativa y la realiza el Consejo Interno del CRyA.