

CENTRO DE RADIOASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA (CRyA)

Dra. Estela Susana Lizano Soberón – Directora – mayo de 2007

Estructura académica	El personal del CRyA organiza su trabajo de investigación bajo las siguientes líneas: Medio Interestelar, Formación de Estrellas y Discos Protoplanetarios, Estrellas Evolucionadas, Astronomía Extragaláctica y Cosmología, Radioastronomía, Astrofísica de Altas Energías, Turbulencia Atmosférica e Instrumentación Astronómica, Astrofísica Atómica y Molecular
Campus	Morelia, Michoacán
Creación/ historia	Unidad Morelia del Instituto de Astronomía, 1995 Centro de Radioastronomía y Astrofísica, marzo de 2003
Sitio web	www.crya.unam.mx
Área	Ciencias Físico-Matemáticas

INTRODUCCIÓN

En el Centro de Radioastronomía y Astrofísica los temas principales de investigación son: medio interestelar, formación de estrellas y discos protoplanetarios, estrellas evolucionadas, astronomía extragaláctica y cosmología, radioastronomía, astrofísica de altas energías, turbulencia atmosférica e instrumentación astronómica, y astrofísica atómica y molecular. El Centro forma parte de un exitoso esfuerzo descentralizador de la UNAM que, en colaboración con otras instituciones de educación superior del estado de Michoacán, ha consolidado la investigación, la docencia y la difusión de la astronomía en esta importante región del país. Actualmente el CRyA es el principal polo de investigación y formación de recursos humanos en radioastronomía en el país.

El CRyA tiene como misión principal mantener líneas de investigación en astronomía innovadoras, de alto nivel e impacto, así como abrir nuevas áreas de la astrofísica moderna que aún no se practican en el país. Sus principales objetivos incluyen abordar la investigación astronómica con un enfoque en el que se combinen la teoría y las observaciones en múltiples frecuencias, formar recursos humanos altamente especializados y llevar a cabo la difusión de la astronomía.

Los cuerpos colegiados establecidos del CRyA sesionaron en 2011 como a continuación se describe: el Consejo Interno realizó 17 sesiones, en las que se revisaron diversos casos del

personal académico del Centro; la Comisión Dictaminadora tuvo 5 sesiones; la Comisión Evaluadora del Programa de Primas al Desempeño llevó a cabo 2 reuniones.

PERSONAL ACADÉMICO

En 2011, el 13 por ciento de la planta académica obtuvo las siguientes promociones: el doctor Remy Fernand Ávila Foucat, anteriormente investigador titular A, ganó un concurso de oposición cerrado para convertirse en investigador titular B; el doctor Gustavo Ramón Bruzual Alfonzo, anteriormente investigador titular A, se contrató por obra determinada a nivel de investigador titular C; el doctor Stanley Eugene Kurtz Smith, anteriormente investigador titular B, ganó un concurso de oposición cerrado para convertirse en investigador titular C.

Al finalizar 2011 el personal académico adscrito al Centro estaba integrado por un total de 26 miembros de tiempo completo (19 investigadores, 4 técnicos académicos y 3 becarios posdoctorales). Los investigadores están distribuidos de la siguiente manera: 1 investigador emérito, 7 titulares C, 4 titulares B, 6 titulares A y 1 asociado C; todos cuentan con el grado de doctor. Los investigadores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) se encontraban en los siguientes niveles: 4 en el nivel III, 9 en el nivel II y 4 en el nivel I. Las categorías de los técnicos académicos eran las siguientes: 1 titular B, 2 titulares A y 1 asociado C. El cien por ciento del personal académico contratado pertenecía al Programa de Primas al Desempeño del Personal Académico (PRIDE) o al Programa de Apoyo a la Incorporación de Personal Académico (PAIPA). Asimismo, el CRyA contaba con 5 administrativos de confianza.

INVESTIGACIÓN Y SUS RESULTADOS

En el transcurso de 2011 se desarrollaron catorce proyectos de investigación en el CRyA, de los cuales diez recibieron apoyo de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (ocho proyectos PAPIIT, un proyecto IACOD y un proyecto PAPIME), cuatro fueron financiados totalmente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), y dicha institución brindó apoyo para llevar a cabo tres convenios. De estos catorce proyectos, cuatro se concluyeron en 2011, cinco estuvieron en proceso y cinco se iniciaron.

Los proyectos se concentraron principalmente en investigaciones de radioastronomía y medio interestelar. En el área de radioastronomía se aprovecharon los avances tecnológicos y mejoras en la instrumentación de radiointerferómetros internacionales para desarrollar proyectos sobre las condiciones químico-físicas de núcleos moleculares calientes, los chorros y discos en la formación de las estrellas masivas, y la distribución de las regiones de formación estelar en la vecindad solar. Asimismo, actualmente se realiza un proyecto en colaboración con los institutos tecnológicos de Michoacán y las escuelas preparatorias de la UNAM para desarrollar una red mexicana de radiotelescopios digitales, que reconoce el gran potencial didáctico de esta disciplina.

En el área de medio interestelar se trabajó en temas relacionados con la turbulencia interestelar, las condiciones físicas en el gas atómico en la Galaxia y la determinación de diag-

nósticos físicos de núcleos densos en nubes moleculares que dan lugar a la formación de nuevas estrellas; además, se estudió la dinámica del medio interestelar mediante modelos hidrodinámicos de vientos estelares y flujos relativistas, así como las interfases dinámicas en los plasmas astrofísicos como son las ondas de choque y los frentes de ionización.

En otras áreas destacan proyectos sobre el desarrollo de modelos de discos de acreción en torno a estrellas jóvenes para estudiar la formación de discos y planetas en torno a ellos, y el desarrollo de modelos de síntesis evolutiva de poblaciones estelares para entender la distribución espectral de energía emitida por galaxias de cualquier edad.

En 2011 los resultados de las investigaciones realizadas se publicaron en un total de 39 artículos en revistas arbitradas con alto impacto. Además, se publicaron 29 trabajos en memorias en extenso en congresos nacionales e internacionales, y se elaboraron 3 capítulos en libros.

Se publica una media de tres artículos arbitrados por investigador por año. Dado que 30 por ciento de los artículos son colaboraciones entre miembros del CRyA, la tasa de artículos arbitrados sin duplicidades por investigador al año es de 2.1. Los miembros del CRyA reportaron un total de 4 629 citas a sus trabajos en este año, lo cual representa 3 129 citas sin duplicación. En los nueve años desde la creación del CRyA los investigadores han recibido un total de más de 29 500 citas.

A continuación se mencionan algunos de los principales logros de los investigadores del Centro en 2011:

Se estudió, mediante modelos hidrodinámicos, la expansión de las burbujas de viento estelar dentro de regiones fotoionizadas con parámetros estelares apropiados a la estrella principal de la nebulosa de Orión, tomando en cuenta los efectos del cargado de masa debido a material neutro embebido, y la conducción térmica en la interfase entre el viento estelar chocado y la región fotoionizada. Se descubrió que los Rayos X difusos predichos por los modelos tienen un exceso de emisión a energías altas comparado con las observaciones. Se concluyó que se necesitan otros mecanismos para bajar la temperatura del viento estelar chocado.

Se compararon los histogramas de edades de las estrellas en regiones de formación estelar observadas con los histogramas de edades de las partículas sumidero de simulaciones numéricas de la formación y evolución de nubes moleculares y se argumentó que la forma de los histogramas observacionales, con su máximo en edades del orden de un millón de años, favorece el escenario de formación estelar rápida debida al colapso global de las nubes moleculares.

Mediante simulaciones numéricas de alta resolución se ha estudiado la formación y evolución de las galaxias de baja masa. En particular se investigó la evolución de la tasa específica de formación estelar y se encontraron valores correspondientes al día de hoy un orden de magnitud mayor que aquellos publicados en la literatura para las galaxias con formación estelar activa. Por otro lado, para un halo de masa dada, las fracciones de masa estelar encontradas son más grandes que las estimadas con la hipótesis de que por cada halo de materia oscura hay una galaxia.

Se construyeron modelos de discos protoplanetarios en los que la viscosidad hizo que se desarrollara una región externa, con una densidad superficial de masa decreciendo exponencialmente con distancia a la estrella central. Esta región resultó importante en explicar imágenes a longitudes de onda submilimétricas en continuo de polvo, así como en diferentes líneas de monóxido de carbono. Se desarrolló un código numérico para el cálculo de la estructura del disco interno gaseoso, así como para estudiar el posible escudamiento del polvo, por el gas, incluso a radios tan cercanos a la estrella como el radio magnetosférico.

Se estudió la nebulosa planetaria IC418 para analizar las líneas de emisión de CII, NII, OII, OI y NI, y establecer los mecanismos de excitación de estos iones con un modelo autoconsistente de la nebulosa y la estrella central. Se encontró que en general las líneas de estos iones se producen por fluorescencia y recombinación en distintos grados.

Se realizaron experimentos numéricos para estudiar la influencia de diferentes condiciones dinámicas en la distribución de densidad de un gas térmicamente biestable, con propiedades similares a la del gas atómico del medio interestelar. Se encontró que cuando hay movimientos turbulentos suficientemente intensos, la distribución del gas atómico denso es lognormal. Sin embargo, la distribución del gas difuso parece tener un comportamiento muy diferente al que tienen los gases isotérmicos cuando varía la intensidad de la turbulencia. Estos resultados son importantes para los modelos teóricos de la evolución de nubes moleculares que se gestan a partir del gas atómico.

Se utilizaron simulaciones numéricas de discos galácticos a gran escala para explorar el impacto de los detalles de un potencial espiral sobre observables tales como el número y posición de brazos espirales. Estos estudios pueden ayudar a explicar la diferencia en la estructura espiral de las galaxias cuando se observa en el infrarrojo, lo cual corresponde a emisión estelar, y en luz visible, lo cual corresponde a regiones de formación estelar.

Se reportó la estimación de la distancia a la nebulosa planetaria (NP) NGC6881 realizada por utilizar observaciones de alta resolución en radio con el Gran Conjunto de Radiotelescopios (VLA) a una longitud de onda de 6 cm. Una comparación entre observaciones del VLA obtenidas en 1984 y 1994 claramente revela la expansión angular de la parte central de la nebulosa. Suponiendo que la velocidad de expansión en el plano del cielo y la velocidad a lo largo de la línea de visión son iguales, se estimó la distancia a NGC6881 de 1.6 kpc (con un error de 30 por ciento), lo cual está en acuerdo para que este objeto esté asociado de manera general con la región de formación estelar en Cygnus.

Se desarrolló un modelo semianalítico para calcular la emisión en radio-continuo del chorro estelar producido por la estrella joven DG Tau con la suposición de que los parámetros de inyección del chorro son dependientes del tiempo. Se estudió la cinemática de los choques internos que se desplazan a través del flujo estelar y se modelaron las densidades de flujo en radio esperada de los mismos. Se encontró que una variación de tipo sinusoidal en la velocidad de inyección del flujo es capaz de reproducir la emisión observada.

Se investigó la correlación entre el número total de cúmulos globulares y la masa del agujero negro central para una muestra de galaxias espirales tardías y lenticulares. Se encontró que, comparadas con las galaxias elípticas, las espirales tardías y las galaxias

lenticulares con el mismo número de cúmulos globulares tienen agujeros negros aproximadamente diez veces más ligeros. Al parecer, existen dos modos diferentes de alimentación del agujero negro y se especuló que las galaxias lenticulares no han tenido tiempo de establecer el modo más eficiente después de una fusión reciente.

Aprovechando las nuevas habilidades del EVLA (Expanded Very Large Array, radiointerferómetro en Nuevo México), se descubrieron varios nuevos candidatos para regiones III hipercompactas y, adicionalmente, emisión compacta en radio ondas, de bajo nivel, nunca antes detectada. La naturaleza de esta emisión es aún desconocida; en algunos casos parece ser emisión no-térmica, en otros casos parece ser emisión térmica. En ambos casos, es potencialmente trazando fenómenos desconocidos en regiones de formación de estrellas masivas.

Se propuso que los destellos de emisión sincrotrón cerca del periastro observados en el sistema binario V773 Tau A, un par de estrellas T Tauri con un periodo orbital de 51 días, se derivan de cambios en la energía magnética del sistema, de manera que las características más importantes de la emisión son descritas por los cambios en la configuración magnética global producidos por el movimiento orbital. Esta teoría puede ser puesta a prueba con observaciones de sistemas binarios de estrellas pre-secuencia principal.

Se completó la primera parte del Gould's Belt Distance Survey, que consistió en un muestreo completo de las regiones de interés con el EVLA.

Nuevas observaciones de radio han resuelto el origen de la emisión de radio periódica (con escala de años) que muestra el objeto Cyg OB2 #5. En realidad, este objeto es un sistema binario, en el cual cada estrella posee un poderoso viento. Los vientos chocan formando una región de emisión de radio entre las dos estrellas. Conforme el sistema rota, esta zona de emisión pasa periódicamente de ser observable a quedar oculta por los propios vientos que la producen.

Se realizó un estudio analítico sobre el tiempo de caída libre en estructuras tanto aplanadas como filamentarias, encontrando que dicho tiempo se incrementa, con respecto al tiempo correspondiente a un objeto esférico con la misma densidad volumétrica, por un factor del orden de la raíz cuadrada de cociente de la máxima dimensión a la mínima.

Estudios observacionales a longitudes de onda submilimétricas de la región de formación estelar masiva W3(OH)TW revelaron dos posibles grandes discos circunestelares. Estos objetos parecen excitar a dos poderosos flujos moleculares y a un par de jets térmicos (a pequeñas escalas) encontrados en esta región. Además, se estimó que las estrellas que se forman aquí son de tipo espectral B, sugiriendo así que la formación de estrellas masivas es muy similar a como se forman las estrellas de baja masa.

VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD, COOPERACIÓN, COLABORACIÓN Y SERVICIOS

El CRyA colabora con diferentes organizaciones estatales para acercar a la sociedad en todo el estado de Michoacán al conocimiento de la ciencia, en particular, de la astronomía y la astrofísica. Durante 2011 colaboró con la Universidad Michoacana de San Nicolás de

Hidalgo, el Planetario Felipe Rivera de Morelia, el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología y la Alianza Francesa, entre otras instancias.

ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS ACADÉMICOS

En 2011 se impartieron en el CRyA 37 coloquios dirigidos a investigadores y estudiantes del Centro. Por otra parte, los académicos de esta entidad ofrecieron 21 coloquios, 15 en instituciones nacionales y 6 en el extranjero. También, los investigadores participaron en 18 eventos internacionales y 12 eventos nacionales, en los cuales se dieron 26 charlas, 14 de ellas invitadas.

PREMIOS Y DISTINCIONES

El doctor Luis Felipe Rodríguez Jorge recibió el Premio Biblos 2011, otorgado por la Comunidad México-Libanesa. Adicionalmente, el doctor Laurent Raymond Loinard recibió el Premio Friedrich Wilhelm Bessel, otorgado por la Fundación von Humboldt de Alemania.

INTERCAMBIO ACADÉMICO

El CRyA recibió a 14 investigadores provenientes de instituciones de otros países y a 14 visitantes nacionales, con el objetivo de participar en los proyectos de investigación del Centro. Por su parte, los investigadores realizaron 16 estancias en instituciones del extranjero y 6 estancias en instituciones nacionales.

DOCENCIA

El Centro de Radioastronomía y Astrofísica es, con el Instituto de Astronomía, el Instituto de Ciencias Nucleares y la Facultad de Ciencias, una de las entidades responsables del Posgrado en Astrofísica (cambió de nombre en 2011, antes Posgrado en Ciencias - Astronomía) de la UNAM. El objetivo de dicho posgrado es la formación de científicos capaces de desarrollar investigación original de frontera y de impartir docencia al más alto nivel. Los investigadores del CRyA impartieron diez cursos de posgrado durante el año.

El número de estudiantes que realizan tesis de licenciatura o estudios de posgrado en el CRyA se ha mantenido constante en los últimos años. Durante 2011, diez estudiantes trabajaron en su tesis de licenciatura y, de éstos, tres concluyeron. Se contó también con doce estudiantes de maestría y catorce de doctorado; de éstos, cuatro obtuvieron en 2011 el grado de maestro y dos el de doctor.

Durante el 2011 se llevaron a cabo diversos talleres y escuelas dirigidos a maestros y estudiantes de los niveles medio superior y superior. Entre estos, la VII Escuela de Verano de Astronomía, que en esta ocasión contó con la asistencia de 36 alumnos de los últimos semestres de licenciatura provenientes de universidades de toda la República Mexicana, se celebra cada dos años y es de gran importancia porque permite atraer estudiantes de todo el país al posgrado del CRyA. Además, se impartió el III Taller de Radioastronomía para Maestros de Preparatoria, que contó con la asistencia de 20 maestros; el Taller de Radioastronomía para Institutos Tecnológicos de Michoacán, con la participación de 16 maestros de licenciatura,

y el Primer Taller de Radioastronomía para Estudiantes de Preparatoria, donde se contó con la participación de 11 jóvenes estudiantes de diversas preparatorias de la UNAM.

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Los investigadores del CRyA realizaron 115 actividades de divulgación en 2011, entre ellas, 86 pláticas dirigidas al público en general.

El departamento de divulgación del CRyA fue responsable de cinco actividades públicas masivas, 22 eventos para escolares y 14 actividades múltiples, incluyendo conferencias, talleres y observaciones por telescopio, teniendo un alcance total de 12 800 personas.

Entre las actividades públicas destacan: el ciclo de pláticas Viernes de Astronomía, que tuvo un alcance de 600 personas y consistió en seis sesiones de conferencias y observaciones por telescopio a lo largo del año; un ciclo de cine comentado, en el que se exhibieron cuatro películas y que contó con la asistencia de 1 200 personas; un curso de astronomía básica titulado Conociendo al Cielo; la Tercera Noche de las Estrellas y el Reto México, eventos a nivel nacional organizados a nivel estatal en colaboración con la Alianza Francesa y el Planetario de Morelia. Adicionalmente, en los medios de comunicación, durante 2011 los investigadores ofrecieron 29 entrevistas en radio, 8 en televisión y 1 en internet. Por otro lado, se publicaron 10 artículos de divulgación en revistas.

DESCENTRALIZACIÓN INSTITUCIONAL

El CRyA impacta la ciencia en el occidente de México por medio de la investigación astronómica de alta calidad. Forma recursos humanos en los niveles de licenciatura, maestría y doctorado. Realiza también capacitación de maestros de nivel preparatoria en el área de radioastronomía. Se vincula con la sociedad a través de un vigoroso programa de divulgación de la astronomía.

INFRAESTRUCTURA

Durante el 2011 se inició la construcción de un Laboratorio de Cómputo de Alto Desempeño para el CRyA (Datacenter). Este laboratorio garantizará la protección de los equipos de cómputo necesarios para realizar la investigación astronómica en el Centro. Además, albergará equipo de las demás entidades del campus y dará cursos, talleres y servicios a la sociedad y a la industria, con lo que se podrán obtener recursos extraordinarios.

Con un apoyo de Conacyt el grupo de turbulencia adquirió un nuevo cluster de 176 núcleos estándares, que permite la realización de simulaciones numéricas de frontera con códigos paralelos, tanto en esquema de memoria distribuida como en memoria compartida, y una tarjeta GPU (unidad de procesamiento gráfico) con 448 núcleos CUDA.

Con el apoyo de más de un millón de pesos por parte de la Secretaría Administrativa, se llevó a cabo el recableado del ethernet para aumentar la velocidad de 100 Mb por segundo a 1 Gb por segundo en todo el edificio del CRyA.