

## **Proyecto LLAMA (acrónimo de *Large Latin American Millimeter Array*)**

Por el Dr. E. Marcelo Arnal

Este artículo es parte de una presentación más extensa que aparecerá publicada en los Anales de la Reunión Anual de la Asociación Argentina de Astronomía que se llevó a cabo en la ciudad de La Plata, en setiembre de 2009.

### **• Introducción**

El proyecto **LLAMA** (acrónimo de *Large Latin American Millimeter Array*) es un emprendimiento conjunto argentino-brasileño, cuya finalidad es la instalación y puesta en funcionamiento de una antena de 12m de diámetro en el noreste de Argentina, en un sitio ubicado por encima de los 4.500 metros de altura sobre el nivel del mar. Dicho telescopio trabajará en la banda de frecuencias comprendida entre los 90 GHz y los 700 GHz y contará con receptores extremadamente sensibles y sistemas de mando, control y procesamiento de datos. Aunque inicialmente el instrumento funcionaría como un telescopio independiente, uno de los objetivos perseguidos por este proyecto es que el mismo sea el primer elemento de una serie de antenas que conformarán la primera red de interferometría VLBI (Very Long Baseline Interferometry) en Latinoamérica. Este modo de funcionamiento permitirá abrir una plétora de posibilidades para realizar investigaciones que necesiten de elevada resolución angular en la banda milimétrica y submilimétrica.

La astrofísica moderna, para avanzar en el conocimiento del Universo, requiere del análisis e interpretación de datos que puedan ser obtenidos en distintas frecuencias a lo largo de todo el espectro electromagnético. Por una variedad de razones técnicas, hasta hace pocas décadas atrás la única posibilidad de escudriñar el Universo se encontraba restringida a la denominada ventana óptica. A mediados del siglo pasado, los avances tecnológicos producidos en la Segunda Guerra Mundial abrieron nuevas perspectivas para estudiar el Universo. En efecto, en los años 1950 los astrónomos pudieron estudiar por primera vez el Universo a frecuencias que caen dentro del extremo inferior de la denominada *ventana de radio* del espectro electromagnético. El desarrollo de la era espacial también abrió nuevos horizontes en la investigación astronómica, y mediante el uso de satélites se pudo obtener información en regiones del espectro electromagnético hasta entonces vedadas para un observador situado sobre la superficie de nuestro planeta. Así se sumaron a las regiones del espectro electromagnético ya accesibles para la investigación científica, las regiones correspondientes a las bandas de altas energías (rayos  $\gamma$  y rayos X), al ultravioleta, y al cercano y lejano infrarrojo. Las ventanas milimétrica/submilimétrica forman un puente entre la astronomía del infrarrojo lejano y la radioastronomía a frecuencias bajas. Los problemas y desafíos técnicos a resolver en estas bandas han sido complejos y variados, siendo este el motivo que hizo que las observaciones astronómicas en ese rango de longitudes de onda fuesen las últimas ventanas de espectro electromagnético, en el reino de las microondas, en abrirse a la investigación astronómica.

Uno de los resultados más importantes en los últimos 20 años en el área de la radioastronomía ha sido la detección e identificación de distintas especies moleculares en el espacio, y la interpretación de sus distribuciones, abundancias y anomalías isotópicas. Aunque en otra sección de esta presentación se mencionará, resumidamente, diversas líneas de investigación que podrían beneficiarse con la disponibilidad de un

instrumento como el esbozado, vale mencionar brevemente que el estudio de estas especies moleculares ha tenido un profundo impacto en áreas de investigación tan variadas como las de evolución estelar, nucleosíntesis, química del Universo, estructura y dinámica de las galaxias, y bioastronomía. Las tradicionales observaciones ópticas y en el rango de las frecuencias más bajas dentro de la ventana de radio pueden aportar datos muy limitados a las áreas de investigación anteriormente mencionadas, pues la mayoría de la información proveniente de las emisiones moleculares sólo puede ser observada en las denominadas ventanas milimétricas y submilimétricas del espectro electromagnético.

Como fuera mencionado al inicio de esta Introducción, LLAMA podrá funcionar como un instrumento autónomo, o como parte de una red de VLBI que en una primera etapa podría estar constituida por algunas de las antenas del gigantesco emprendimiento denominado *Atacama Large Millimeter Array* (ALMA), cuya construcción finalizará hacia fines del año 2012 y que está siendo financiada por un consorcio integrado por los Estados Unidos, la Comunidad Económica Europea y la contribución de Japón y Taiwan; con el instrumento *Atacama Pathfinder EXperiment* (APEX), que ha construido el Observatorio Europeo Austral (ESO en inglés); y/o el radiotelescopio *Atacama Submillimeter Telescope Experiment* (ASTE), construido mediante una cooperación entre el Observatorio Nacional de Japón, las universidades japonesas de Tokio, Nagoya y Osaka y la Universidad Nacional de Chile. El radiotelescopio LLAMA, al suministrar las líneas de bases más extensas, permitirá incrementar la resolución angular alcanzada por el interferómetro ALMA en un factor cercano a 10.

Las inversiones de capital necesarias para la construcción de grandes instrumentos, no pueden surgir de los presupuestos normales de las agencias (CONICET, ANPCyT) que financian las actividades de Ciencia y Técnica del país. El proyecto LLAMA posee varios aspectos de importancia que justifican una inversión de capital inicial por parte del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina, a los fines de dar el impulso necesario para concretar la realización de este proyecto. Entre los mismos cabe mencionar que el proyecto LLAMA:

- 1) Constituirá para Argentina y Brasil, que actualmente no forman parte del consorcio ALMA, una oportunidad de tomar la iniciativa en un proyecto científico-tecnológico original y de gran impacto a nivel mundial.
- 2) Colocará, tanto a Argentina como a Brasil, en una posición ventajosa para participar en una versión extendida del proyecto ALMA con una inversión de sólo el 1% de la inversión total demandada por ALMA.
- 3) Permitirá reafirmar y profundizar la integración científico-tecnológica entre los países más importantes del bloque MERCOSUR.
- 4) Ofrecerá, al involucrar nuevas tecnologías en varias ramas de la Ingeniería de grandes estructuras y de diversos campos de la Ingeniería digital, excelentes oportunidades para la formación de recursos humanos altamente capacitados en áreas consideradas de vacancia y/o estratégicas para el quehacer nacional.
- 5) Permitirá, al hacer uso de recursos humanos capacitados en el uso de tecnologías consideradas novedosas, la constitución de grupos-semilla que lleven a cabo actividades de

transferencia tecnológica desde el sector científico-tecnológico hacia diversos campos de la actividad económica del país.

6) Impulsará la colaboración académico-tecnológica a nivel nacional entre diversas Facultades de las Universidades Nacionales de Salta y Jujuy, con sus similares de Universidades Nacionales con tradición académica en el campo de la Astronomía (Universidad Nacional de La Plata, Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de Buenos Aires y Universidad Nacional de San Juan).

7) Representará oportunidades para incrementar las colaboraciones internacionales. La colaboración científico-tecnológica de las principales instituciones astronómicas de Argentina y Brasil, producirá en el contexto del proyecto LLAMA un equipo técnico altamente capacitado. Este aspecto abrirá las puertas a colaboraciones internacionales sin precedentes, tanto en el campo científico como en el área tecnológica.

8) Abrirá en la región del noroeste de Argentina nuevas oportunidades de trabajo, debido a la necesidad de cubrir puestos laborales, directa e indirectamente, vinculados al proyecto LLAMA.

9) Representará una oportunidad para la participación de la industria y empresas, tanto argentinas como brasileñas, en los contratos de todas las obras de infraestructura inherentes al proyecto propuesto, con el consiguiente impacto socio-económico para la región.

#### • **Objetivos científicos**

Un radiotelescopio milimétrico/submilimétrico instalado en un sitio que se encuentre en el NO de Argentina a una altura superior a los 4.500m, podría ser usado para investigaciones en todas las áreas de la Astronomía, o sea, para estudios del sistema solar, evolución estelar, medio interestelar, astronomía extragaláctica, etc. Como parte de un interferómetro asociado a ALMA alcanzaría una de las resoluciones angulares más elevadas que se puedan lograr hoy día en Astronomía, del orden de 1 microsegundo de arco en longitudes de onda de 1 milímetro.

#### • **Transferencia tecnológica**

A partir de los recursos humanos y técnicos necesarios para la ejecución de este proyecto, se generarán desarrollos tecnológicos que harán uso de las nuevas tecnologías disponibles en el mercado, las que podrían ser transferidos a las siguientes áreas del quehacer nacional:

- Comunicaciones: Capacitación y entrenamiento de ingenieros en microondas de alta frecuencia.
- Recursos naturales: Seguimiento de satélites usando microondas de alta frecuencia.
- Ingeniería y Ciencia de materiales: Tecnología en fibras de carbono.
- Electrónica: Construcción de radiómetros y receptores en altas frecuencias.
- Administración empresarial a nivel regional.

- Procesamiento de señales y reconstrucción de imágenes
- Metrología, control y operación remota de antenas de gran porte

- **Conclusiones**

A modo de resumen, puede decirse que el proyecto LLAMA ofrece las siguientes ventajas:

- El tomar la iniciativa en un proyecto global la mayoría de los países con tradición en actividades científico-tecnológico(Australia, los países de la Comunidad Económica Europea, Canadá, EEUU, y el consorcio Japón/Taiwan) asignan extrema importancia a la construcción de una red de VLBI en el Cono Sur, pero recién hacia fines de 2015 estarían en condiciones de comenzar a financiarlo. Este proyecto colocaría a los países de la región en una posición ventajosa para participar en una versión extendida del proyecto ALMA original, desplegando sus roles técnicos e intelectuales en el progreso de la astronomía austral.
- Es un proyecto científico-tecnológico totalmente original en uno de sus modos de operación (VLBI).
- El proyecto da un contexto ideal para entrenar recursos humanos en ingeniería de materiales y tecnología en microondas, con aplicación en telecomunicaciones, relevamiento de recursos naturales, microelectrónica y administración empresarial a un nivel nacional y regional.
- En un contexto geopolítico más ambicioso, es un proyecto que promueve la integración científica y tecnológica de Latinoamérica, ya que grupos de científicos de Bolivia, Chile, Colombia, México, Perú, Uruguay y Venezuela han manifestado su interés de participar en el mismo.