



Large
Latin
America
Millimeter/submillimeter
Array

LLAMA News
Junio de 2021 - n° 3

Boletín informativo del emprendimiento binacional Argentina-Brasil para el desarrollo de un nuevo radio observatorio en Salta, a 4850 metros de altitud.

En esta edición:

**Evaluación de
LLAMA por un
Comité Externo**

**INVAP se suma a la
colaboración
LLAMA**

**Noticias del
desarrollo
instrumental**

**Ciclo de
Seminarios
LLAMA-IAFE 2021**



Ministerio de Ciencia,
Tecnología e Innovación
Argentina



www.llamaobservatory.org

Presentación

Con esta publicación retomamos la serie de newsletters del radio observatorio LLAMA, que tuvo ediciones en 2016 y 2017. Ante el largo intervalo, comenzamos esta nueva edición con una visión general del proyecto para presentarlo, especialmente, a las generaciones más recientes de estudiantes de posgrado y posdoctorado.

A continuación, describimos los resultados de la reciente evaluación del proyecto por parte de un panel internacional, a iniciativa del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCyT) de Argentina. Algunas novedades, como la incorporación de INVAP a la colaboración, se presentan junto con el estado actual de algunos de los subsistemas que se están desarrollando para llevar LLAMA hasta primera luz.

Esta edición finaliza con la presentación e invitación al ciclo de Seminarios LLAMA-IAFE 2021, que se realizará mensualmente, y de manera virtual, a partir de junio de este año, con la expectativa de una amplia participación de las comunidades científicas de Argentina y Brasil.

¡Buena lectura!

Grupo de Ciencia de la colaboración LLAMA.

Colaboración LLAMA

Financiamiento principal

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Brasil)
Ministerio de la Ciencia Tecnología y Innovación (MinCyT, Argentina)

Principales Instituciones Participantes

Argentina: IAR, IAFE, CNEA, INVAP; Brasil: USP, Mackenzie, INPE

Comité Directivo (en mayo de 2021)

Argentina: Alberto Etchegoyen (ITeDa); Carlos Valotto (OAC); Manuel Fernández-López (IAR); Sergio Parón (IAFE); Silvina Cichowolski (IAFE);

Brasil: Jacques Lépine (IAG/USP - Director); Zulema Abraham (IAG/USP); Elisabete Dal Pino (IAG/USP); Carola Dobrigkeit (UNICAMP); Guillermo Giménez de Castro (UPM); José Roberto Marcondes Cesar Jr. (FAPESP).

Grupo de Ciencia (en mayo de 2021)

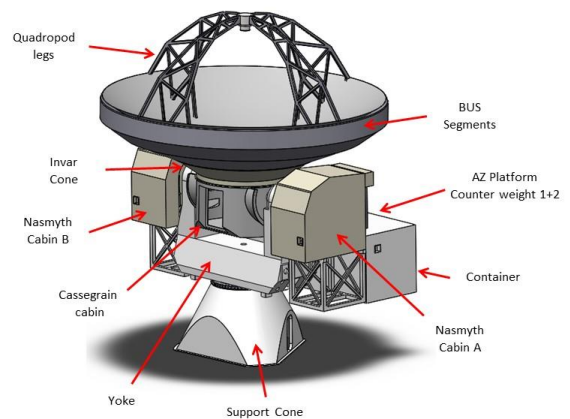
Carlos Valotto (OAC, Argentina); César Strauss (INPE/MCTI, Brazil); Danilo Zanella (IAG/USP, Brasil); Germán Cristiani (IAFE, Argentina); Guillermo Gimenez de Castro (CRAAM/UPM, Brasil); Joaquim E.R. Costa (INPE/MCTI, Brasil); Jacques Lépine (IAG/USP, Brasil); Juan José Larrarte (IAR, Argentina); Laura Suad (IAFE, Argentina); Manuel Fernández-López (IAR, Argentina) - chair; Nicolas Duronea (IALP, Argentina); Silvina Cichowolski (IAFE, Argentina); Tânia Dominici (MAST/MCTI, Brasil); Zulema Abraham (IAG/USP, Brasil).

Descripción general de LLAMA

Un paso efectivo hacia la materialización de la idea de construir y operar un radiotelescopio por una colaboración entre Argentina y Brasil fue la iniciativa del Dr. Félix Mirabel (IAFE/Argentina) para proponer, en la década de 2000, un trabajo de búsqueda de sitios idóneos en el noroeste argentino, donde sería posible tener valores de opacidad atmosférica similares al de los sitios chilenos que albergan los observatorios APEX y ALMA. Luego de seis años de trabajo, se seleccionó Alto Chorrillos, un sitio a una altitud de 4850 metros en Salta.

La movilización entre investigadores de Argentina y Brasil para viabilizar el observatorio comenzó en 2007. En 2010, el proyecto del ya denominado LLAMA (Large Latin American Millimeter/submillimeter Array) se presenta al MinCyT (Argentina), que al año siguiente declara que es prioridad entre los proyectos de instrumentación astronómica en el país. Al mismo tiempo, investigadores de Brasil conquistaron financiamiento para la adquisición de la antena con recursos de la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de São Paulo (FAPESP, [Proceso no: 11/51676 - 9](#)), en una propuesta con la coordinación de Jacques Lépine (IAG/USP). En 2014 se firmó el acuerdo entre MinCyT (Argentina), FAPESP y Universidade de São Paulo (Brasil).

El radiotelescopio se basa en el mismo diseño que las antenas fabricadas por la empresa alemana VERTEX AntennenTechnik GmbH para ALMA (Atacama Large Millimeter / submillimeter Array). Con 12 metros de diámetro, la antena contará con un foco Cassegrain y dos cabinas Nasmyth (similares a las del APEX - Atacama Pathfinder Experiment), ofreciendo así la posibilidad de recibir una amplia variedad de instrumentos periféricos. Una vez ensamblada, en el momento de la aceptación para iniciar la fase de puesta en servicio y verificación científica, la



Vista general de la antena LLAMA con indicación de algunos de sus componentes principales.

superficie de la antena debe tener una precisión rms de $25 \mu\text{m}$, y una precisión de apuntamiento esperada de al menos 2 segundos de arco.

Inicialmente, LLAMA estará equipado con receptores como los de ALMA y, en particular, en las denominadas bandas 5 (157 - 212 GHz) y 9 (602 - 720 GHz), instalados en un criostato adquirido en el National Astronomical Observatory of Japan (NAOJ). La parte frontal de los receptores, los denominados cartuchos, fueron adquiridos y desarrollados gracias a la contribución de Netherlands Research School for Astronomy, Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk (NOVA, NWO; Países Bajos), Onsala Space Observatory (OSO, Suecia) y National Radio Astronomy Observatory (NRAO, EE. UU.). El sistema opto-eléctrico-mecánico para llevar la radiación desde el foco principal de la antena a las diferentes cabinas y receptores, denominado NAsmyth Cabin Optical System (NACOS), es un desarrollo original de la colaboración LLAMA.

La antena ya ha sido fabricada y se encuentra desmontada en el sitio, a la espera de que finalicen las obras de infraestructura y, en particular, la obra civil para la construcción de la base de la antena. Teniendo en cuenta los impactos extensos y diversos de la pandemia, el cronograma actual predice que la instalación de la antena ocurrirá durante 2022 y las actividades de puesta en servicio y verificación científica comenzarán a partir de 2023.

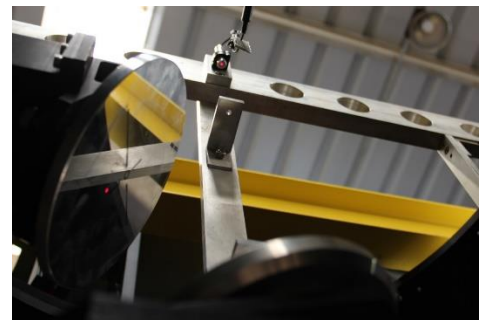
Evaluación de LLAMA por un Comité Externo

En el primer semestre de 2020, el MinCyT solicitó a un comité externo una evaluación sobre el proyecto LLAMA por parte de un comité externo. El comité de revisión estuvo compuesto por Matías Zaldarriaga (Princeton, EE. UU. - coordinador del panel), Gabriela González (Louisiana State University - LIGO Collaboration, EE.UU), Hugo Loffler (INVAP, Argentina), Lars Nyman (APEX, Chile), Rodrigo Reeves (Universidad de Concepción, Chile) y Thijs de Graauw (ALMA Observatory). Después de un proceso que incluyó la revisión de la documentación y una serie de reuniones, el panel presentó un documento final en agosto de 2020.

Entre otros puntos, el comité señaló la necesidad inmediata de desarrollar un plan de seguridad para acceder al sitio y salvaguardar el equipo. Se recomendó la reorganización y el refuerzo de la estructura del proyecto, así como el desarrollo de estrategias a largo plazo para ampliar la comunidad de usuarios en el rango de ondas milimétricas y submilimétricas tanto en Argentina como en Brasil. Algunos de los esfuerzos realizados en base a las recomendaciones del comité ya se ven reflejados en las noticias en esta publicación.



El sitio de LLAMA con los componentes de la antena desmontados.



Trabajos de alineación de NACOS en las instalaciones de ALFA Engenharia.



Transmisor holográfico durante pruebas de banco en Poli/USP.

INVAP se suma a la colaboración LLAMA

Como resultado de la evaluación externa del proyecto, el gobierno argentino invitó a INVAP a participar en el proyecto. INVAP (<https://www.invap.com.ar/>) es una Sociedad del Estado de Argentina con sede en Bariloche, dedicada al diseño, integración, y construcción de plantas, equipamientos y dispositivos en áreas de alta complejidad como energía nuclear, tecnología espacial, tecnología industrial y equipamiento médico y científico.

La empresa participa en LLAMA desde noviembre de 2020 y está en proceso de firmar un contrato con el MinCyT, cuyo alcance será el desarrollo necesario para llevar LLAMA a la denominada primera luz. Así, INVAP deberá actuar en el desarrollo de la infraestructura del sitio (suministro de energía, comunicaciones, obra civil), en el montaje de la antena, durante las pruebas iniciales de observación, siguiendo los procedimientos establecidos en conjunto con VERTEX. También se espera su colaboración en la integración de receptores. El objetivo es llegar a la etapa de obtener observaciones calibradas de fuentes radioeléctricas en experimentos de línea molecular y de continuo. La previsión es que el contrato MinCyT - INVAP se firme entre junio-julio de 2021.

INVAP ya visitó el sitio de LLAMA, estableció relaciones con VERTEX y está en contacto creciente con el equipo binacional que ha estado trabajando activamente para crear el observatorio durante los últimos años.

En este momento, se están identificando empresas que cuentan con un equipo calificado para realizar las obras en las condiciones ambientales únicas del sitio, especialmente en altitudes elevadas y baja humedad relativa.

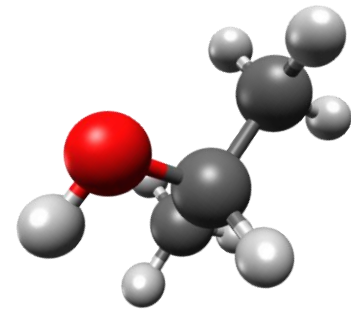
Además, INVAP también está iniciando un trabajo conjunto con la Dirección de Asuntos Satelitales (DAS) de la Subsecretaría de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. El DAS es responsable de la gestión del espectro electromagnético en Argentina para la interferencia de radiofrecuencia (RFI) y trabajará con INVAP en el relevamiento de los requisitos para la creación de una Zona Radio Quiet (RQZ) siguiendo las recomendaciones y resoluciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU/ONU). Este es un paso importante para dotar a la región y alrededores de Alto Chorrillos de la preservación de sus cualidades ambientales que la caracterizan como un lugar con gran potencial para la instalación de grandes proyectos astronómicos.



Sede de INVAP en Bariloche. Crédito de la imagen: sitio web institucional.

Actividades del Grupo de Ciencia

LLAMA ha recompuesto su Equipo de Producto Integrado (IPT) de Ciencia - el "Grupo de Ciencia". Integrado por astrónomos e ingenieros de Argentina y Brasil, el grupo se reúne semanalmente desde octubre de 2020. El objetivo es implementar una visión coherente y mutuamente acordada sobre cómo utilizar las instalaciones. La reactivación del grupo también cumple con las recomendaciones realizadas por el panel de evaluación internacional convocado por MinCyT.



Entre las responsabilidades del grupo de ciencia está la elaboración de un documento con los requerimientos científicos, desarrollar planes de operaciones, proponer políticas de asignación de tiempo, incentivar la formación de recursos humanos dedicados a la Radioastronomía en ambos países, desarrollar y gestionar las estrategias de comunicación pública de LLAMA. El IPT de Ciencia se organiza en grupos de trabajo más pequeños que se dedican al desarrollo de tareas y documentos específicos que posteriormente son ampliamente discutidos y mejorados con todo el equipo.

Es importante señalar que el grupo de ciencia viene trabajando no solo en el contexto de la Primera Luz y los alcances del convenio actualmente vigente entre entidades argentinas y brasileñas, sino con una visión de más largo plazo que apunta a constituir LLAMA como un Observatorio competitivo, en las fronteras del desarrollo científico y tecnológico para la observación del Universo en longitudes de onda milimétricas/submilimétricas. Entre los resultados de las actividades del grupo se encuentran la reactivación de este boletín y el ciclo de seminarios LLAMA-IAFE 2021, también presentados en esta edición.

Llegada del nuevo Yoke Traverse

En 2018, durante el transporte de la antena desde el puerto de Zárate (Argentina) hasta el sitio LLAMA en Salta, uno de los camiones sufrió un accidente en el que se dañó la pieza de la antena conocida como yugo de la antena o yoke traverse (<https://bityli.com/7zmSY>).

Teniendo en cuenta la valoración de la empresa VERTEX sobre la magnitud de los daños, se decidió que se construiría una pieza nueva en Alemania para su reemplazo, con los costos debidamente cubiertos por el seguro contratado por los socios argentinos para la operación de transporte.

El nuevo yugo de la antena llegó a Zárate a principios de mayo de 2020. A pesar de las dificultades adicionales debido a la situación de pandemia, la compleja operación de transporte de la pieza al sitio se completó con éxito el 26 de mayo de 2020. Ahora, con todas las partes juntas, la expectativa es que la instalación de la antena ocurra a partir de principios de 2022, luego de concluidas las obras de construcción de la base de concreto, actividades estas que se llevarán a cabo con la organización de INVAP.



El nuevo yugo de la antena durante el desembarco en el puerto de Zárate (Argentina) en mayo de 2020.

Desarrollo de NACOS

El sistema opto-eléctrico-mecánico encargado de guiar la luz desde el foco primario de la antena a las diferentes cabinas y receptores en LLAMA constituye el Sistema Óptico de Cabina NAsmyth (NACOS). Si bien la antena LLAMA tiene una cabina Cassegrain y dos Nasmyth, para la primera luz solo se planeó utilizar la llamada cabina Nasmyth B, teniendo en cuenta sobre todo la previsión de que solo dos de los seis receptores previstos están garantizados para el inicio de operaciones (bandas 5 y 9).

El proyecto del subsistema fue desarrollado por Jacob Kooi (JPL, EUA; dibujos ópticos y mecánicos); Fernando Santoro (Astro-EME, USA; diseño mecánico); Emiliano Rasztocky (IAR, diseños ópticos y mecánicos) y Carlos Fermino (e-Fe - Tecnologías industriales, Brasil, diseños mecánicos y eléctricos). NACOS también alberga el sistema de brazos robóticos con tres cargas de calibración que, a su vez, son un desarrollo de la Universidad de Concepción (Chile), bajo el liderazgo de Rodrigo Reeves.

NACOS se subdivide en dos partes: CASS, una estructura mecánica para la cabina Cassegrain, que albergará las cargas de calibración y un sistema de espejos para dirigir la luz a las cabinas Nasmyth. La estructura mecánica en las cabinas Nasmyth (NASS) contendrá el crióstato donde se alojarán tres receptores enfriados a 4 K (-269 grados Celsius) ensamblados en forma de cartuchos intercambiables

El mecanizado de NACOS se realizó en ALFA Engenharia (Araraquara, SP, Brasil), y la integración, incluida la alineación óptica y la automatización, se sigue realizando en las instalaciones de la empresa y con el apoyo de su equipo.



Arriba: Descripción general del diseño mecánico de NACOS. Abajo: NASS y CASS, componentes de NACOS, en proceso de integración y alineación óptica en las instalaciones de ALFA Engenharia (Araraquara, Brasil).

Hasta ahora se han completado tres fases de integración y pruebas, y la cuarta se pospuso debido a la pandemia. En la misión pendiente se prevé la instalación y pruebas del sistema de movimiento de las cargas de calibración, así como las pruebas de las propias cargas. En cuanto las condiciones sanitarias permitan el trabajo seguro de todo el equipo, se completará la cuarta etapa.

Mientras tanto, se continúa con el desarrollo del sistema NACOS, con el objetivo de poblar las dos cabinas Nasmyth con más receptores y adaptar la cabina Cassegrain para recibir nuevos instrumentos. El trabajo, liderado por Emiliano Rasztocky (IAR), debería implicar pequeños ajustes en la pieza CASS, ya mecanizada para primera luz, optimizando así el uso del tiempo antes de que el equipo sea enviado a Argentina para su instalación definitiva.

Estado de desarrollo de los receptores

Los cartuchos para receptores tipo ALMA de banda 5 y 9 (157 - 212 GHz; 602 - 720 GHz), así como el criostato que los albergará, están listos en Holanda tras el desarrollo y prueba conjunta de los profesionales de NOVA (Países Bajos) con Ingenieros de la Poli/USP, IAR e IAG/USP. Estos elementos, que forman el front-end de los receptores, se enviarán a Argentina en el momento adecuado para su integración con el la etapa de procesamiento analógico y digital de las señales de frecuencia intermedia (4-12 GHz). A su vez, ya se han adquirido algunas partes del back-end (espectrómetro, por ejemplo) y existen prototipos de algunos módulos cuyo nivel de desarrollo actual ya es adecuado para la primera luz de LLAMA. En este momento se están desarrollando soluciones que aprovechan al máximo el potencial científico de los receptores. En particular, en los últimos meses ha habido un avance significativo en el desarrollo de un nuevo procesador/conversor de Frecuencia Intermedia (FI down converter) por Poli/USP, bajo el liderazgo de Fátima Correra (Escola Politécnica de la USP de Brasil).

Por otro lado, existen perspectivas para la disponibilidad de un receptor de banda 6, a través de una nueva colaboración con NOVA y los países BRICS. Por último, en conjunto con investigadores de la Universidad de Chile y el Centro de Astronomía de América del Sur de la Academia China de Ciencias (CASSACA, una institución china con sede en la Universidad de Chile), se están realizando esfuerzos para desarrollar un receptor de banda 2 + 3, bajo el liderazgo de Ricardo Finger (Universidad de Chile).

Los receptores en las bandas de frecuencia de las bandas 2 + 3 y 6 (67-116 GHz; 211-275 GHz) son fundamentales para la futura participación de LLAMA en experimentos VLBI.

Sistema de Holografía

La holografía es la técnica que se utiliza para alinear los 264 paneles de aluminio que componen el disco de la antena. En el caso de LLAMA se aplicará la aproximación de campo cercano (near-field), en el que se coloca un transmisor en la parte superior de una torre (a una altura total de unos 60 metros), aproximadamente a 360 metros de distancia del radiotelescopio. La antena será entregada por VERTEX con una precisión de la superficie del plato de 25 μm rms y el objetivo del trabajo con el sistema de holografía es mejorarla y mantenerla entre 15 y 20 μm rms.

Para las mediciones se instalará un receptor solicitado como préstamo a la NRAO en la posición del subreflector de la antena. El receptor de holografía tiene dos cornetas para la radiación entrante, aunque en lados opuestos: una corneta recibe la radiación incidente directamente del transmisor y el otro recibe la radiación emitida por el transmisor y reflejada por el disco de la antena. La calidad de la superficie del disco se infiere comparando la diferencia de fase de la luz incidente en ambas cornetas.

El transmisor de 104,2 GHz está siendo desarrollado y construido por ingenieros de la Escuela Politécnica de la USP (Brasil), bajo el liderazgo de Fátima Correra. El equipo contará con estabilización térmica, monitoreo y control remoto, con enlace de fibra óptica a la sala de control de la antena y estará alojado en una caja adecuada para protegerlo de las inclemencias del tiempo.

Un punto clave es la corneta del transmisor, que, dadas sus exigentes características, requirió un trabajo de desarrollo específico en colaboración con la Universidad de Chile y NOVA (Países Bajos). En este momento, la corneta ya se ha podido construir y se está caracterizando y probando en los Países Bajos.

Ciclo de seminarios LLAMA-IAFE 2021

Por iniciativa del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, Argentina), en 2021 estamos iniciando una serie de encuentros mensuales para presentar y discutir proyectos científicos relacionados con LLAMA. El propósito de los encuentros será familiarizar a las comunidades astronómicas de Argentina y Brasil con todo el potencial de LLAMA, a fin de incentivar la articulación de proyectos científicos para el nuevo radio observatorio.

Los seminarios tendrán lugar el primer viernes de cada mes, a partir del 04/06, con inicio a las 10:00 horas y con la siguiente estructura general:

- Charla sobre temas directamente relacionados con el desarrollo de LLAMA - 40 minutos;
- Discusión: 10 minutos;
- Intervalo: 15 minutos;
- Conferencia con informes de investigación en Radioastronomía - 20 minutos;
- Conferencia de tema general (centrada en la Astronomía Observacional) - 20 minutos;
- Discusión y cierre - 10 minutos.

Los invitamos a todas/os al seminario de apertura del ciclo, que tendrá lugar el 4 de junio de 2021. La participación online en los seminarios se realizará a través de la plataforma Zoom. El enlace y las instrucciones de acceso será ampliamente publicitado por adelantado.



**Ciclo de Seminarios
LLAMA - IAFE 2021**

4 de Junio de 2021 - Desde las 10:00 hs (GMT-3)

10:00 hs: **Félix Mirabel** (IAFE, Buenos Aires, Argentina)
The origin of project LLAMA

11:00 hs: **Zulema Abraham** (IAG; Universidade de São Paulo, Brasil)
Eta Carinae: a perfect target for LLAMA

11:30 hs: **Lydia Cidale** (FCAGLP, La Plata, Argentina)
Dust and gaseous environments around massive stars

Programa completo del Ciclo e información de acceso en:
<https://www.llamaobservatory.org/seminars2021/>

Image Credits: ESO/APEX/T. Preibisch et al. (Edmillimeter); N. Smith/University of Minnesota/NOAO/AURA/NSF (Optical)

La agenda actualizada del ciclo de seminarios se puede seguir en:

<https://www.llamaobservatory.org/seminars2021/>

Comisión Organizadora: Silvina Cichowolski (IAFE, Argentina) - scicho@iafe.uba.ar; Carlos Valotto (OAC, Argentina); Germán Cristiani (IAFE, Argentina); Laura Suad (IAFE, Argentina) y Nicolás Duronea (IALP, Argentina).

Recomendaciones de lectura

Dejamos aquí la sugerencia de un artículo que trata temas de interés de la comunidad científica para el desarrollo y uso futuro de LLAMA.

Interrelations Between Astrochemistry and Galactic Dynamics

Mendoza E., Duronea N., Ronsó D., Corazza L.C., van der Tak F., Paron S. and Nyman L.-Å. (2021). Interrelations Between Astrochemistry and Galactic Dynamics. *Front. Astron. Space Sci.* 8:655450.

<https://doi.org/10.3389/fspas.2021.655450>

Abstract: This paper presents a review of ideas that interconnect astrochemistry and galactic dynamics. Since these two areas are vast and not recent, each one has already been covered separately by several reviews. After a general historical introduction, and a needed quick review of processes such as stellar nucleosynthesis that gives the base to understand the interstellar formation of simple chemical compounds (e.g., H₂, CO, NH₃, and H₂O), we focus on a number of topics that are at the crossing of the two big areas, dynamics and astrochemistry. Astrochemistry is a flourishing field that intends to study the presence and formation of molecules as well as the influence of them on the structure, evolution, and dynamics of astronomical objects. The progress in the knowledge on the existence of new complex molecules and of their process of formation originates from the observational, experimental, and theoretical areas that compose the field. The interfacing areas include star formation, protoplanetary disks, the role of the spiral arms, and the chemical abundance gradients in the galactic disk. It often happens that the physical conditions in some regions of the interstellar



medium are only revealed by means of molecular observations. To organize a rough classification of chemical evolution processes, we discuss about how astrochemistry can act in three different contexts, namely, the chemistry of the early universe, including external galaxies, star-forming regions, and asymptotic giant branch (AGB) stars and circumstellar envelopes. We mention that our research is stimulated by plans for instruments and projects, such as the ongoing Large Latin American Millimeter Array (LLAMA), which consists in the construction of a 12m sub-mm radio telescope in the Andes. Thus, modern and new facilities can play a key role in new discoveries not only in astrochemistry but also in radio astronomy and related areas. Furthermore, the research on the origin of life is also a stimulating perspective.

