

TELESCOPIO MILIMETRICO EN SU TIPO EN AMERICA DEL SUR INSTALADO EN CHILE



telescopio milimétrico será instalado en Chile el próximo año. El instrumento es el único en su tipo existente en América del Sur, y su operación se reorganiza conjuntamente por la Universidad de Columbia y la Universidad de

Chile. La formación la proporcionó el profesor norteamericano, Patrick Thaddeus, quien recientemente visitó nuestro país a fin de estudiar las condiciones de observación y el apoyo logístico interno y técnico necesarios para la operación del telescopio milimétrico.

Thaddeus manifestó que el viaje a Cerro Tololo había sido de gran importancia para la determinación de colocar dicho instrumento en Chile, ya que las condiciones allí son óptimas. *Estabamos preocupados porque parte del equipo no era adecuado, ya que comprende un computador y temíamos que en un lugar como el Cerro Tololo, fuera muy difícil mantener y operar el telescopio milimétrico, que es muy complejo. Fuimos sorprendidos, pues encontramos que existen allí equipos más complejos que éste y que los mantenían en forma adecuada.*

Después de esto, el Radiotelescopio milimétrico será instalado en el Radio Observatorio de Parícuti, para ser calibrado y probado. Después de un tiempo prudente de pruebas, se instalará definitivamente en Cerro Tololo. Las investigaciones que se desarrollen, serán desde un comienzo responsabilidad del personal científico de las Universidades de Chile y Columbia.

El profesor norteamericano indicó que la importancia científica del proyecto es estudiar la Vía Láctea que está formada fundamentalmente por nubes de moléculas interestelares. Esas nubes – dijo – son totalmente opacas a la luz y la única manera de estudiarlas es a través de la radioastronomía milimétrica. Se ha descubierto en los últimos diez años que el rol que juegan las moléculas interestelares es mucho mayor de lo que se pensaba. El estudio de ellas permite determinar el tamaño de las nubes incluso, los lugares donde se forman las estrellas.

Prosiguiendo con su explicación, Patrick Thaddeus manifestó que se ha comprobado que las moléculas se encuentran agrupadas formando verdaderas nubes moleculares interestelares, pero en un sentido mucho más denso que el hidrógeno neutro, atómico ionizado o atómico neutro que se encuentra en la galaxia y, realmente constituyen los objetos más grandes que existen ahora.

En la naturaleza – dijo – es muy importante estudiar como se agrupan las moléculas organizadas para formar aún moléculas más complejas. Por otra parte - agregó el estudio de las nubes moleculares interestelares ha permitido encontrar incluso, compuestos orgánicos químicos que no se encuentran en la tierra. Esto facilitará enormemente entender como actúa la naturaleza. Diría – dijo – que este proyecto reviste gran importancia para la astroquímica, que es una ciencia nueva.

En el futuro – anunció – existe el proyecto de instalar un instrumento mucho más complejo y grande para efectuar otro tipo de estudios. Chile es un país excelente para el desarrollo de la astronomía óptica y para la radioastronomía milimétrica. Los proyectos venideros se determinarán según sean los resultados de la exploración preliminar que realice el telescopio milimétrico.

Por último, el profesor norteamericano recalcó que es importante destacar que fun-

damentalmente la motivación del proyecto es intelectual. En este momento – dijo – no se piensa en algún fin práctico, como sería crear con mayor facilidad moléculas organizadas en el laboratorio, si no más bien una motivación netamente intelectual de escudriñar, descubrir los secretos de la naturaleza.

A continuación presentamos un extracto de la charla que dictó el profesor Patrick Thaddeus sobre nubes moleculares interestelares. En este resumen colaboraron Mónica Rubio y Mauricio Bitrán.

Nubes moleculares en la Vía Láctea

Existe un gran contraste entre los roles asignados al enlace químico en la naturaleza antes del año 1967 y hoy día. Esto se debe al espectacular descubrimiento del contenido molecular en nuestra galaxia.

Los primeros enlaces químicos fuera de la tierra fueron detectados a fines del siglo pasado en el Sol, mediante el estudio espectroscópico de él. Se pudo constatar en ese entonces que los elementos químicos eran los mismos en el espacio que en la tierra.

Más tarde, se descubrieron las primeras moléculas fuera del Sistema Solar, en algunas atmósferas estelares, pero hasta 1967, se pensaba que las condiciones en el medio interestelar, alta radiación y baja densidad, hacían imposible la existencia de enlaces químicos y por lo tanto de moléculas.

Sin embargo, desde esta fecha, 1967, se han encontrado una gran cantidad de moléculas en el medio interestelar, y hoy se estima que más de la mitad del gas es molecular. La mayor parte del gas interestelar está compuesto de Hidrógeno Molecular (H_2) y moléculas que contienen especialmente carbón (C), Nitrógeno (N)

y Oxígeno (O). Desde 1970 a la fecha se han descubierto alrededor de 50 moléculas algunas de las cuales son bastante complejas como por ejemplo, el alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$).

La detección del gas molecular representa un problema: el Hidrógeno molecular H_2 , que constituye la mayor parte de éste, es invisible, no se puede detectar directamente. Por esta razón es necesario recurrir a un *trazador*, o sea a un elemento que permita ver el gas molecular de igual forma como una tinción adecuada le permite al biólogo ver un tejido.

El trazador del gas molecular en la galaxia resulta ser el Monóxido de Carbono (CO). Esta molécula tiene varias condiciones que la convierten en una herramienta importantísima para el estudio del gas. Ella define el tamaño de las nubes del gas molecular, es muy estable y su emisión es intensa, lo cual hace que su detección sea relativamente sencilla.

La molécula de CO es un sistema cuántico muy simple, pues se comporta como un rotador rígido. Presenta un espectro de energía similar al del espectro en infrarrojo del H_2 . Debido a que su momento dipolar es distinto de cero, el espectro es debido sólo a transiciones rotacionales.

La transición observada del CO interestelar es la transición fundamental que tiene una longitud de onda de 2.6 mm (115 Giga Hertz). Esta frecuencia cae en un extremo de la ventana de radio de la atmósfera terrestre y por lo tanto se puede detectar sin demasiados problemas. Además a esta longitud de onda se pueden lograr resoluciones muy altas con radiotelescopios pequeños; así, la misma resolución que se alcanza para observar la línea de 21 cm, correspondiente a una transición del átomo de hidrógeno neutro, con un radiotelescopio de 100 metros de diámetro, se puede obtener a esta frecuencia con un radio telescopio de aproximadamente un metro

de diámetro.

La importancia de esta transición del CO en el estudio del gas molecular es análogo a la línea de 21 cm. para el estudio de la estructura de nuestra galaxia. Es por lo tanto esta transición rotacional fundamental la herramienta básica y más importante de la radioastronomía molecular.

El CO se encuentra formando nubes de gran tamaño, de ancho entre 5 y 10 grados. Este hecho favorece el estudio con instrumentos pequeños. En cambio la detección de moléculas más complejas, como el etanol, situadas en el centro galáctico, requiere de radiotelescopios grandes ya que su ancho es de 1 a 2 minutos de arco y por lo tanto, la resolución del instrumento debe ser mucho mayor.

El estudio del gas interestelar mediante la detección del CO se ha realizado con un radiotelescopio ubicado en la Universidad de Columbia en Nueva York. Consta de una antena parabólica de 1.2 m. de diámetro, lo que a la frecuencia de 115 GHz permite tener una resolución de 7.2 minutos de arco. La superficie del disco tiene una precisión de 0.035 mm, lo que lo hace un disco perfecto.

El receptor usado es uno de los mejores y más modernos del mundo y tanto él como el movimiento de la antena y de la cúpula son comandados por un computador. Posee un espectrómetro a base de filtros que tiene 256 canales de 250 KHz, de ancho cada uno. Esto da para la línea fundamental del CO, una resolución en velocidad de 0.5 km/s y un rango espectral de aproximadamente 200 km/s.

Con estas características el radiotelescopio milimétrico tiene para el CO un mejor rendimiento que el radiotelescopio de 100 m de Bonn para el estudio de la línea de 21 cm del Hidrógeno neutro.

Lo primero que hay que hacer entonces, es determinar la distribución local del CO y luego su distribución en la galaxia. ¿Cuáles

son las zonas en que existe?. Las moléculas aparecen organizadas en grandes nubes denominadas nubes moleculares gigantes. Resultan ser los objetos más grandes de la galaxia. También hay nubes de menor tamaño pero en su mayoría son grandes. Estas cubren regiones de varios cientos de parsecs ($1 \text{ pc} = 3.26 \text{ años luz}$) en tamaño. Su temperatura es baja, entre 10 K y 30 K, y su densidad es alta, $N_{\text{H}_2} \sim 1000 \text{ cm}^{-3}$, i.e., del orden de 1000 moléculas de H_2 por centímetros cúbico. La masa de estos objetos es espectacular. Alcanza a unos pocos de cientos de miles de masas solares (10^5 Mo , $1 \text{ Mo} \sim 10^{33} \text{ gr}$). Son por lo menos tan masivos como los cúmulos globulares. Por lo tanto no se trata de objetos difusos sino de objetos discretos y grandes. Resultan de vital importancia en la astrofísica actual, ya que se piensa que toda la formación de estrellas ocurre en las nubes moleculares. Son el centro de atención de toda la teoría de formación estelar. Diez años antes el estudio de la formación de estrella era imposible ya que los astrónomos no veían en que zonas u objetos ésta se podría llevar a cabo. El descubrimiento de estas nubes moleculares gigantes ha abierto nuevamente este estudio.

Con el telescopio de 1.2 m se han realizado dos trabajos.

1. Se han estudiado las nubes moleculares cercanas. Esto ha permitido conocer las características y su tamaño.
2. Se ha hecho una exploración del cielo para determinar la distribución en la galaxia. Esta exploración sólo se ha realizado en la zona de la galaxia que es visible en el cielo de Nueva York.

Los resultados indican que cerca del Sol no hay una densidad alta de nubes moleculares. La mayoría se encuentra a media distancia entre el centro galáctico y el Sol en lo que se ha llamado *anillo molecular*.

¿Qué relación existe entre las nubes mo-

leculares y la estructura de la galaxia?. La evidencia indica que el anillo molecular es la suma de los brazos internos de la galaxia (Sagitario, Scutum, etc). Si usamos un modelo de galaxia cilíndrico simétrico, el estudio de las velocidades obtenidas indica que la distribución de nubes moleculares tiene las siguientes características:

1. La distribución del espesor del anillo molecular es función de la distancia al centro galáctico.
2. Hay un desplazamiento del anillo con respecto al plano ecuatorial galáctico.
3. Al comparar la distribución de H neutro (21 cm) con la de CO se encuentra que el CO está comprimido por un factor dos hacia el plano galáctico.
4. La intensidad y espesor de la galaxia molecular es muy distinta a la galaxia de H neutro.

Todo lo anterior indica entonces que el gas molecular no se encuentra en forma difusa, sino formando nubes de gran tamaño y densidad y mucho mejor definidas que las de hidrógeno neutro. ¿Cuál es el tamaño real?, cómo se forman? y cuánto duran?. Son preguntas sin respuesta aún. En todo caso se estima que son de larga vida, por lo menos viven lo que una estrella de tipo OB ($\sim 10^8$ años).

Las nubes moleculares se sitúan en las mismas regiones que las asociaciones estelares OB e incluso, en zonas donde hay estrellas de tipo tardío. A pesar de que no vemos toda su dimensión el CO nos muestra en forma excelente una buena parte de ellas y por lo tanto del material interestelar.

El estudio realizado con un instrumento pequeño como el 1.2 m de Columbia es el básico para el estudio del CO y por lo tanto para el gas interestelar. No se pueden iniciar observaciones con instrumentos de mayor resolución sin antes contar con un mapa general de la distribución de estos objetos, así como no se pueden usar los grandes telescopios ópticos sin contar con

cartas celestes generales hechas con instrumentos pequeños. Aún así, la exploración con este radiotelescopio tiene una resolución tres veces mejor que las exploraciones clásicas realizadas en 21 cm. En los trabajos posteriores se requerirá por sobre todo contar con mejores resoluciones angulares y mejores receptores.

Con el radiotelescopio en Nueva York, se han podido observar menos de la mitad del cielo. Muchos de los objetos de interés astrofísico están en el cielo del hemisferio sur, siendo los más interesantes el centro galáctico (que queda al zenit), y las Nubes de Magallanes. De hecho, aproximadamente el 75% de los objetos de interés radioastronómico se encuentran en el hemisferio sur. Este es el motivo por el cual queremos instalar un instrumento gemelo al nuestro en Chile.

Instalado en Chile el radiotelescopio de 1.2 m, permitirá realizar muchos más trabajos que los realizados en Nueva York, partiendo por estudiar el cielo austral y la Nubes de Magallanes.

Finalmente podemos concluir lo siguiente:

1. Desde el punto de vista químico, el estudio de las nubes moleculares resulta fascinante. ¿Cómo se pueden formar las moléculas. ¿Cómo se asocian? , ¿Cómo se excitan? ¿Qué condiciones imperan en el medio interestelar.? Esta es una nueva ciencia que nace de la unión entre la astronomía y la química. Diez años antes estas dos ciencias parecían completamente independientes una de otra. Hoy día se funden en el estudio de la galaxia. Pensemos tan solo que las nubes moleculares representan el 99% de la masa del material que se encuentra químicamente ligado en la naturaleza. Los planetas y cometas resultan ser una parte insignificante del material químicamente ligado del universo.

2. El estudio del CO está íntimamente relacionado con la estructura de la galaxia y con la formación estelar.
3. La tecnología que se necesita para esta investigación existe. Una gran inversión en investigación tecnológica para el desarrollo de las comunicaciones milimétricas y de computadores se está realizando actualmente. Los descubrimientos y avances que se logren en estas áreas serán de gran utilidad en la radioastronomía milimétrica. Este progreso continuará en forma avasalladora en los próximos 20 años.

