

# EL GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO: 1988–2004

*Dr. Luis Carrasco Bazua*

*Responsable Científico del Gran Telescopio Milimétrico, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica e Investigador Titular "D" del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de Tonantzintla, Puebla  
carrasco@inaoep.mx*

## EL GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO

### RESUMEN

En este artículo se mencionan algunas de las características principales del radiotelescopio GTM/LMT de 50m de apertura, en construcción en el volcán Sierra Negra del estado de Puebla. Este proyecto binacional es una colaboración científica entre México y los Estados Unidos a través de la Universidad de Massachussets y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. También se describen en forma breve, algunos de sus instrumentos auxiliares y un esbozo de la ciencia potencial que podrá realizarse con este complejo instrumento.

**Palabras clave:** Astronomía Milimétrica, Radiotelescopios, Proyecto Binacional, Instrumentación Científica.

## THE LARGE MILLIMETER TELESCOPE: 1988–2004

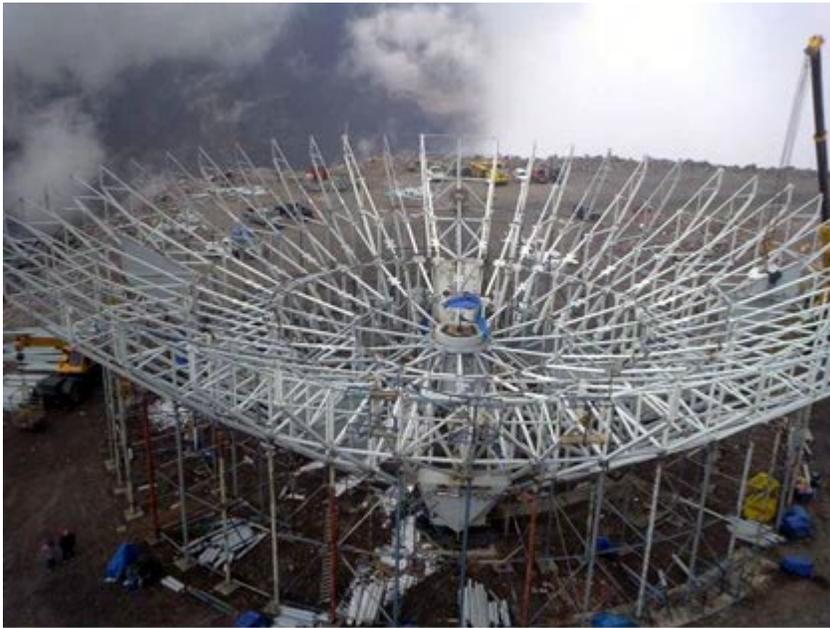
### ABSTRACT

In this very short article, some basic aspects of the binational Project GTM/LMT are presented. The project consists of a telescope with a fully steerable dish with diameter of 50m. The surface will be actively adjusted under computer control to preserve the proper shape and consequently the aperture efficiency for frequencies up to 350 GHz. The set of auxiliary instruments includes focal plane arrays of detectors to image both line and continuum emission from cosmic sources. This instrument will be an extremely powerful tool for studies of planetary, galactic and extragalactic astronomy, including the fascinating field of astrobiology.

**Keywords:** Millimetric Astronomy, Radio telescopes, Binational Project, Scientific instrumentation.

## EL GRAN TELESCOPIO MILIMÉTRICO (GTM)

El Gran Telescopio Milimétrico (GTM), es el proyecto científico de mayor envergadura en el cual nuestro país se haya embarcado jamás. Este es un proyecto conjunto entre México y los Estados Unidos de Norteamérica. La Universidad de Massachussets (UMASS) y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), han sido los promotores del proyecto en ambos países. El GTM está programado para ser inaugurado en diciembre de 2004, es un radiotelescopio consistente de una antena de 50 metros de apertura, con una superficie reflectora activa de gran precisión que le permite alcanzar una eficiencia superior al 40% para frecuencias entre 50 y 350 Gigahertz. Para lograr esto se requiere que los errores de la superficie no se aparten más de 50 micras de la figura geométrica ideal, en nuestro caso un paraboloide de revolución. Para alcanzar esta condición, la antena estará conformada por un conjunto de 180 paneles con precisión individual no inferior a



Estado de avance de la estructura de soporte del reflector milimétrico en Sierra Negra (Abril 2004).

20 micras y montados en pistones ajustables para compensar las deformaciones de la superficie debidas a fuerzas gravitacionales y gradientes térmicos.

Esta antena estará equipada desde su inicio de operaciones con un conjunto de receptores de tecnología de punta, para la detección de radiación emitida por el cosmos en el continuo, en líneas atómicas y moleculares. Este proyecto contempla desde sus orígenes aspectos importantes de transferencia de tecnología, tanto en materiales compuestos como en comunicaciones a ultra alta frecuencia. Esta antena esta siendo erigida en la cima del Volcán Sierra Negra ubicado en

el estado de Puebla a una altura de 4600 metros sobre el nivel medio del mar.

Cuando esté operando el instrumento, será el mayor de su tipo en el mundo. Por algún tiempo su capacidad colectora de luz, superará por un factor de al menos dos a cualquier otro instrumento operando a estas frecuencias. Debido a su extraordinaria sensibilidad el instrumento nos permitirá obtener información clave en aspectos tales como la formación de estructuras a gran escala en el universo temprano hasta el presente. También obtendremos información detallada de la física y química que ha lugar en los sitios activos en formación estelar. Estudios de estos fenómenos será posible realizarlos no solo para las nubes moleculares de la Vía Láctea sino también en las galaxias del grupo local con resolución espacial y sensibilidad nunca antes alcanzada.

Una línea de investigación muy importante será el estudio de la formación de moléculas orgánicas complejas presentes en nubes moleculares, envoltantes, circunestelares y cometas, de este modo estudiaremos pues la evolución de estas moléculas en ambientes de alta densidad y en condiciones físicas muy lejanas al equilibrio termodinámico. Estas condiciones permiten la formación privilegiada de ciertas moléculas e inhiben muchas otras favorecidas por el equilibrio. Con este telescopio podremos abordar aspectos fundamentales del estudio de la cosmoquímica que dio origen a la vida y también el estudio de planetas, asteroides y cometas, estos últimos son reliquias de la nebulosa solar en la cual se formaron el Sol y la Tierra.

La idea de la colaboración GTM surge en 1988, cuando astrónomos de la Universidad de Massachussets, Amherst (UMASS) y del Instituto de Astronomía de la UNAM (IAUNAM) en sus sedes de Ensenada y Ciudad Universitaria, comenzaron a explorar las posibilidades de realizar este proyecto de manera conjunta. Por la parte mexicana, el proyecto migro primero del IAUNAM al ahora extinto Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE), UNAM y posteriormente al INAOE. A finales de 1994, el CONACyT aprobó un apoyo para la realización del proyecto teniendo como socios a UMASS y a una colaboración entre varias instituciones en México, estas encabezadas por el INAOE, que incluían al CICESE y a la UNAM a través del PUIDE. Entre 1994 y 1997 se llevaron al cabo, varios diseños preliminares para el telescopio, el cual dentro del marco de posibilidades se consideraron versiones de domos para radar y cúpulas rotantes como edificios que pudieran albergar este instrumento. Finalmente, se opto por una antena al aire libre con un diseño de la compañía alemana MAN.

### EL TELESCOPIO DE SIERRA NEGRA

Durante los primeros años, se estudiaron distintos sitios potenciales para la ubicación del telescopio. Los sitios adecuados para la instalación de radiotelescopios milimétricos, requieren condiciones atmosféricas de un contenido pequeño de vapor de agua, pues este es el principal agente de la atenuación de las ondas de radio en las bandas que nos interesa investigar con este instrumento. A partir de mediciones con radiómetros de la columna de vapor de agua en distintos lugares del territorio nacional, se calibraron los datos provenientes de radio sondas meteorológicas que cubrían un período de 40 años. Así pudimos confirmar que el Volcán Sierra Negra es uno de los mejores sitios en Norteamérica para la medición de ondas milimétricas de origen cósmico, debido a su gran elevación sobre el nivel del mar y por ello su contenido atmosférico de vapor de agua es muy pequeño. Adicionalmente, el acceso a la cumbre resulto relativamente sencillo, esto en comparación con otros sitios con alturas similares sobre el nivel del mar.



Foto aérea del sitio y el camino de acceso

### SENSORES DE IMÁGENES CELESTES

Un complemento exigido por una antena de alta calidad, son los sistemas de detección de radiación de calidad excelente. UMASS cuenta con un grupo de investigación muy experimentado, especializado en el desarrollo de amplificadores llamados MMICS con los cuales se construyen los mejores receptores para la detección y medición de radiación emitida en líneas, en el intervalo de 80 a 120 GHz. La aportación de este grupo al proyecto son los receptores heterodinos entre los cuales se cuenta un instrumento llamado SEQUOIA, que consiste de un arreglo matricial de 32 detectores que simultáneamente observan el cielo y que es capaz de formar "imágenes" de objetos celestes en esta luz de forma ágil y eficiente. Otro detector en construcción esta basado en tecnología SIS un sistema de detección heterodino que operará a frecuencias de 220 GHz., región del espectro electromagnético que contiene muchas líneas moleculares de interés astrofísico.

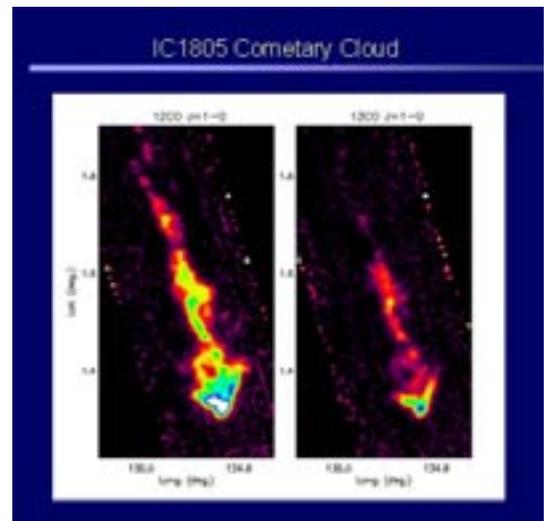


Ensamble definitivo de la estructura inferior del GMT, Abril 2004.

También se construyen en UMASS los espectrógrafos (correladores) que nos permiten determinar las velocidades y las intensidades de las líneas presentes en el espectro electromagnético.

Otro detector novedoso es el llamado Bolocam, un arreglo de 144 bolómetros, detectores para radiación del continuo, esta radiación proviene de objetos fríos en el universo, tales como el polvo a temperaturas de 40 grados Kelvin presente en las nubes moleculares, emisión que nos permite estudiar las "placentas" celestes, en las cuales se gestan las nuevas estrellas. También electrones de alta energía girando en torno a campos magnéticos producen emisión sincrotrónica con estas frecuencias. Esta emisión es importante en las galaxias llamadas "activas" y que están incluidas entre los objetos a estudiar con este radiotelescopio. Otra fuente de radiación en el continuo es la emisión libre-libre de un plasma ionizado como lo son las regiones HII.

Una ventaja adicional del sitio de GMT es su localización geográfica, la cual nos convertirá en un nodo fundamental de la red de interferometría intercontinental. Esta técnica permite estudiar objetos celestes con una resolución sin precedente, ya hemos tenido pláticas con investigadores del Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) para la obtención del equipo necesario para operar en este modo interferométrico.



Imágenes obtenidas con SEQUOIA en el telescopio de 14m del FCRAO (UMASS) obtenidas de manera contemporánea de una nube molecular cometaria para dos variedades isotópicas de la molécula de monóxido de carbono.

Hacia finales de 2004 tendremos la oportunidad de corroborar los avances en la construcción del telescopio, puesto que se ha programado una ceremonia de inauguración para entonces. Para mayor información acerca del proyecto se puede consultar la página de la red: <http://www.lmtgtm.org>



La emisión del polvo nos revela los verdaderos sitios de interés para el estudio de las etapas más tempranas de la formación estelar. En estas imágenes comparamos la emisión en el cercano infrarrojo y a la emisión debida a polvo frío en longitudes de onda submilimétricas. Se observan claramente diferencias entre ellas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Coordinación de Astrofísica INAOE [en línea]. <<http://www.inaoep.mx/~astrofi/>> [Consulta: 18 de abril de 2004].
- El Gran Telescopio Milimétrico [en línea]. <<http://www.lmtgtm.com>> [Consulta: 18 de abril de 2004].
- The Large Millimeter Telescope/ "El Gran Telescopio Milimétrico: A new instrument for Astrobiology".
- W.M. Irvine et al, *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*, vol. 33 pp. 597-607, 2003.