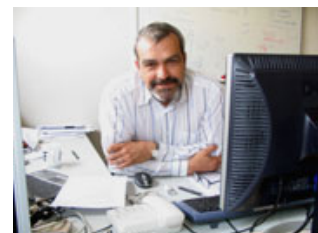


**Departamento de Astrofísica Molecular e Infrarroja. Instituto de Estructura de la Materia. CSIC.**

## **El proyecto ALMA revolucionará la Astrofísica**

**José Cernicharo Quintanilla es Doctor en Ciencias Físicas y dirige un equipo de investigación que se ha convertido en uno de los líderes mundiales del estudio de la Astrofísica Molecular.**



José Cernicharo Quintanilla

**El investigador es un apasionado de su trabajo. A lo largo de los años que ha dedicado a la Radioastronomía y a la Astrofísica Molecular se siente especialmente orgulloso por haber conseguido detectar cerca del 25 % de las moléculas que se conocen en el espacio actualmente, algunas de ellas de gran complejidad. Además ha conseguido demostrar la presencia de vapor de agua a gran escala en las nubes moleculares y ha contribuido a la puesta a punto de los mejores instrumentos de Radioastronomía.**

### **Isabel Gayol Menéndez**

José Cernicharo Quintanilla se licenció en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid en 1978. Un año más tarde se fue a París para realizar su tesis doctoral en Radioastronomía, con una beca del Ministerio de Asuntos Exteriores Francés. En realidad él nunca había pensado en dedicarse a la Astrofísica porque lo que había realizado hasta ese momento era Física Fundamental, pero en su etapa francesa comenzó a realizar trabajos en observación de nubes moleculares del medio interestelar, de emisión molecular en el espacio y de formación de estrellas, lo que fue marcando el camino que iba a tomar en el futuro. Además, durante esos años, también colaboró en la puesta a punto del primer radiotelescopio de onda milimétrica francés. En 1983 obtuvo un puesto como Encargado de Investigación en el *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS), en el que permaneció hasta 1989. Un año antes obtuvo el grado de "*docteur ès sciences*" diploma que se conocía por aquel entonces como *Tesis de Estado*, por la Universidad de París VII, tras lo que decide volver a España para continuar aquí con su labor investigadora.

En el año 89 vuelve a España y lo hace como co-Director del Radiotelescopio de 30 m. del Instituto de Radioastronomía Milimétrica de Granada (IRAM), Instituto con el que ya había colaborado durante los años 84 y 85 para la puesta a punto de su Radiotelescopio. En el año 92 se incorpora al Observatorio Astronómico Nacional como astrónomo hasta el 96, año en el que entra a formar parte del CSIC como Profesor de Investigación.

Su trayectoria científica ha estado ligada a la Astrofísica Molecular en el espacio dedicándose a la observación de moléculas, la determinación de las condiciones físicas del medio interestelar y circunestelar y la búsqueda de nuevas especies de moléculas. Cuando José Cernicharo se incorporó al CSIC, su objetivo era desarrollar dentro del Consejo un grupo de Astrofísica Molecular que estuviera muy relacionado con los científicos que hacían Química Física, ya que en su opinión lo que su equipo investiga en el espacio depende en gran medida de lo que los Químicos Físicos estudien en el laboratorio.

El departamento que dirige José Cernicharo Quintanilla se denomina *Departamento de Astrofísica Molecular e Infrarroja* y realiza investigación en Astrofísica Molecular, Astrofísica Extragaláctica, Astroquímica, así como en los efectos de la atmósfera terrestre en la propagación de ondas electromagnéticas.

## Proyectos

“El departamento que yo dirijo está muy implicado en tres misiones espaciales (HERSCHEL, JAMES WEBB SPACE TELESCOPE y SPICA), además de con el proyecto ALMA y el Gran Telescopio de Canarias, en el que varios científicos de nuestro departamento participan con los equipos científicos de los instrumentos de ese telescopio”, matiza el director de este grupo de investigación.

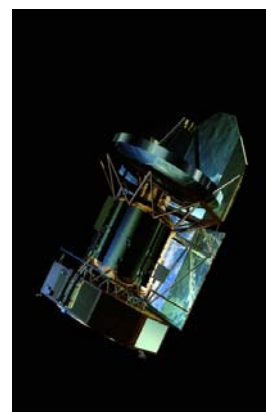
Su incorporación al Consejo coincidió con el lanzamiento al espacio del satélite ISO (satélite infrarrojo), en cuyo estudio se centró el profesor durante muchos años y del que se obtuvieron resultados muy interesantes, que permitieron que José Cernicharo fuera nombrado en el año 98 Misión Scientist de una futura misión en la que trabaja en la actualidad. Se trata del satélite HERSCHEL que será lanzado en el 2008. “Desde el año 96 sigo haciendo mi trabajo en el mundo de la Radioastronomía, porque mi formación es principalmente como radioastrónomo, pero también trabajo en el infrarrojo, tanto lejano como medio. Dentro de la ciencia que el proyecto HERSCHEL nos va a permitir hacer, uno de nuestros principales objetivos será el estudio del vapor de agua en el Universo”, explica el astrofísico.

El grupo investiga cómo afecta el contenido químico en la evolución de las nubes moleculares, es decir, qué moléculas se encuentran dentro de esas nubes, ya que pueden ser refrigerantes del medio al emitir radiación y, en este sentido, el agua es una molécula que jugaría un papel fundamental en muchos aspectos de la formación estelar. Además también han estudiado la propagación de ondas electromagnéticas en la atmósfera porque este es un efecto que afecta a sus observaciones en Radioastronomía. “La atmósfera absorbe la radiación, por lo que es necesario eliminar esos efectos, para lo cual hemos desarrollado códigos que están siendo utilizados como referencia en muchos observatorios, así como en el proyecto ALMA –afirma José Cernicharo– por último, he trabajado en la puesta a punto de radiotelescopios y de interferómetros de varias antenas, lo que significa uno o dos años de trabajo que muchas veces no tiene una recompensa directa ya que no se traduce en una publicación, pero que se refleja en cientos de publicaciones de los utilizadores de los instrumentos que uno ha contribuido a poner en marcha”, afirma José Cernicharo.

El proyecto ALMA es un interferómetro de 50 antenas, para el cual Cernicharo ha sido el representante español del Comité Ejecutivo durante 5 años. “Yo negocié la participación de España en ALMA con la ESO (Observatorio Europeo del Hemisferio Sur) y en la actualidad soy miembro del Comité Científico Internacional de ALMA. Nuestro departamento contribuye en cuestiones de eliminación de los efectos atmosféricos y los códigos que creamos en los años 80 para el Radiotelescopio de 30 m. de Granada están siendo utilizados ahora como referencia para la calibración de las observaciones del proyecto ALMA, que comenzará su andadura en el 2012 y empezará a producir los primeros resultados científicos, lo que se denomina *Early Science*, hacia el 2010, cuando tenga unas ocho antenas disponibles, de las 50 que compondrán el total. Se trata de un instrumento que revolucionará completamente la Astrofísica”, se enorgullece el Astrofísico.

## Líneas de investigación

Una de las principales líneas de investigación del departamento es la búsqueda de nuevas moléculas. Pretenden llegar a comprender cual es la composición química de los objetos donde se forman las estrellas y de las nubes donde se forman los planetas en torno a las nuevas estrellas, es decir, comprender los procesos químicos que dan lugar a esas moléculas. Hasta ahora se han detectado en el espacio unas 135 moléculas, de las cuales la mayoría son orgánicas, pero algunas



Satélite HERSCHEL

son radicales o cadenas carbonadas. El radical más grande detectado hasta el momento en el espacio –y descubierto por este equipo de investigación – está compuesto por 8 átomos de carbono seguido de uno de hidrógeno (C<sub>8</sub>H). Este tipo de moléculas poseen la peculiaridad de que reaccionan muy rápidamente con otras moléculas y forman cada vez cadenas más grandes.

Es muy importante establecer cual es la composición química del gas en función del tiempo para ser capaces de saber cual sería esta composición cuándo se forma una estrella y su sistema planetario. Hay que comprender cómo una determinada composición de gas puede afectar a las atmósferas de los proto-planetas, que luego se transformarán en planetas y conocer, a largo plazo, qué es lo que determina que en una atmósfera haya agua o no, o tenga moléculas orgánicas que una vez se haya formado el planeta puedan dar lugar a procesos químicos más complejos. “Eso es lo que pretendemos conseguir con el proyecto ALMA, que se ha realizado para aumentar la sensibilidad y poder observar así las zonas internas de las proto-estrellas y los proto-planetas. Queremos llegar a comprender y determinar cuál es la composición del gas de los discos protoplanetarios”, explica Cernicharo.

Esto solamente se puede lograr con la Radioastronomía porque cuando se forma una estrella, además del gas también tiene alrededor polvo y éste impide que la luz en el óptico y en el infrarrojo se escape, es decir, son objetos prácticamente invisibles, salvo en la longitud de onda radio. Cuando se observan las moléculas lo que se ve es su emisión, no la molécula en sí, y este espectro de emisión es diferente en cada molécula, lo que facilita el reconocimiento de cada una de ellas de una forma diferenciada. “Sin embargo hay unas moléculas de las que sabemos su existencia, aunque no podemos determinar su composición química. Se trata de las moléculas denominadas *Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos*, compuestas por anillos bencénicos y que pueden llegar a tener cientos de átomos. Están por todo el medio interestelar, incluidas las galaxias. Los proyectos HERSCHEL y ALMA nos podrán dar respuestas sobre el papel que estas moléculas juegan en la química de las nubes moleculares. Esto supone uno de nuestros mayores desafíos científicos. Es evidente que instrumentos como ALMA o HERSCHEL darán respuestas a preguntas que tenemos ahora, pero plantearán a su vez una cantidad increíble de nuevas preguntas e incógnitas”, explica el investigador.

Una estrella no se forma de repente, pero se están formando miles de estrellas al mismo tiempo. La cuestión es encontrarlas y esto se consigue a través de su emisión molecular. “En los objetos que llamamos proto-estrellas, la gravedad está produciendo un colapso del gas y aumentando la densidad y la temperatura en una determinada zona de una nube interestelar. Cuando la nube está colapsando hay un fenómeno dinámico que depende de la gravedad, la estructura y la energía interna del gas que se está liberando de la nube a través de la emisión de las moléculas. Cuando conseguimos detectar un objeto cuya densidad ha aumentado en gran medida hay fenómenos que nos indican que se está creando una nueva estrella.

Cuando se forma una estrella, a su alrededor existe un disco de gas, mucho más frío que la proto-estrella, que es donde se van a formar los planetas. El objeto central es una proto-estrella hasta que la temperatura es lo suficientemente elevada para generar reacciones nucleares o de fusión, momento en el que pasa a ser una estrella joven, con unos procesos violentos de estabilización. Una estrella tiende a equilibrar la gravedad con su propia energía interna. Este proceso se produce de forma violenta. El sistema estrella-disco empieza a perder masa a través de chorros colimados de materia, donde una buena parte del gas que está cayendo vuelve a salir, es decir, que en un momento determinado la estrella ya no recibe más masa y comienza a estabilizarse en un proceso muy lento, que puede durar cerca de un millón de años, tras el cual la estrella pasa a la secuencia principal, o sea, al apogeo de su vida, que puede durar, si es como el sol, ocho mil millones de años. Los planetas se forman en torno a las estrellas y la evidencia de los primeros planetas

se ha comenzado a tener en la década de los 90. Son planetas tipo Júpiter y se detectan a partir de sus efectos gravitatorios sobre la estrella.

La Astrofísica ofrece la posibilidad de estudiar los planetas cuando se están formando a través de la Radioastronomía, con el estudio de la composición de los discos en torno a las proto-estrellas. "Con los telescopios ópticos infrarrojos se podrán ver los planetas una vez que la estrella se haya formado y haya conseguido limpiar todo su entorno de polvo y gas, aunque para esto aún habrá que esperar unos 20-30 años, tiempo necesario para que aparezca una nueva generación de instrumentos como los grandes telescopios ópticos de más de 30 m. Mientras tanto utilizamos los instrumentos de los que disponemos y nos guiamos a través de indicaciones indirectas, con las que podemos asegurar científicamente la existencia de planetas. Por el momento no los vemos directamente, pero vemos los efectos que provocan sobre la estrella y por lo tanto, somos capaces de determinar su existencia y su masa.

El estudio de las moléculas permite comprender la química del gas. En particular este grupo de investigación se centra en dos tipos de procesos: el nacimiento y la muerte de las estrellas. Cuando las estrellas mueren inyectan una parte de su masa al medio interestelar y lo hacen en forma de gas molecular. "Uno de los principales retos científicos que yo me planteé hace años fue el estudio del vapor de agua y conseguí realizar algunas observaciones de líneas de agua que se encontraban en ventanas del espectro electromagnético donde la atmósfera no es opaca. En particular una línea que me permitió demostrar en 1994 que había agua a gran escala en todas las nubes. Hasta ese momento se pensaba que había vapor de agua en zonas muy pequeñas y conseguí demostrar que el tamaño de emisión del vapor de agua era casi un millón de veces más grande de lo que se había creído. Nuestro grupo es uno de los líderes mundiales en el estudio del vapor de agua y además, con HERSCHEL conseguiremos aún más resultados porque será el único instrumento durante muchos años que permitirá el estudio de la molécula H<sub>2</sub>O con gran detalle", puntualiza el profesor de investigación del CSIC.

El departamento trabaja también en Astrofísica Extragaláctica, con varias personas que trabajan en galaxias y que son líderes mundiales en ese campo. Son investigadores que se han formado en EE.UU. y que han trabajado en el HUBBLE SPACE TELESCOPE y que ahora están muy implicados en el futuro telescopio espacial de 6 m., el JAMES WEBB SPACE TELESCOPE.

Por último, dentro del departamento existe un grupo de investigación en Química Física aplicada a la Astrofísica, que estudia la microfísica de las moléculas, es decir, su estructura para poder predecir las frecuencias en las que se puedan observar y sus características y así interpretar las observaciones que realizan los Astrofísicos. Este grupo, creado hace 10 años, se ha convertido también en una referencia internacional dentro del mundo de la Astrofísica Molecular.

## Madrid necesita un Instituto de Astrofísica

Dentro de la actividad científica que José Cernicharo lleva a cabo, está liderando una red de Astrofísica denominada ASTROCAM, financiada el año pasado a través del último programa PRICIT de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid.

La red tiene un objetivo múltiple, entre los que se encuentra la participación de los astrónomos de Madrid en las actividades del master de Astrofísica de la Universidad Complutense y de la Universidad Autónoma de Madrid. Otro de los objetivos sería vertebrar la actividad científica de la Astrofísica en Madrid, de manera que las actividades de los diversos grupos que existen en Madrid estén coordinadas. El objetivo final sería intentar convencer a las autoridades de política científica de que Madrid necesita un Instituto de Astrofísica. Madrid no tiene aún un Instituto de Astrofísica. Existen varios repartidos por la geografía española: en Canarias, Granada o Barcelona, pero no en Madrid, a pesar de que varios de sus grupos son líderes en muchos campos.

“Me gustaría resaltar que la Comunidad de Madrid prepara a muchos doctores en Astrofísica, pero solamente es capaz de asimilar un pequeño porcentaje de todos ellos. Creo que tenemos un gran impacto internacional en muchos de los proyectos, pero a escala nacional nos hace falta ese Instituto de Astrofísica, con el que tendríamos una mayor visibilidad. Nuestro objetivo no es reproducir lo que ya existe sino crear en Madrid, junto con las Universidades y el CSIC, algo específico para los científicos que hacemos Astrofísica en esta Comunidad”.

### FICHA TÉCNICA

**Centro:** Departamento de Astrofísica Molecular e Infrarroja. CSIC.

**Investigador:** José Cernicharo Quintanilla.

**Dirección:** Serrano, 113&121  
28006 Madrid (Spain)

**Teléfono:** 91 590 16 11

**Fax:** 91 564 55 57

**Email:** cerni@damir.iem.csic.es

**Página web:** damir.iem.csic.es

**Líneas de investigación:** Formación estelar. Química del Medio Interestelar y Circumestelar. Búsqueda de nuevas especies moleculares en el espacio. Espectroscopía Molecular en el Espacio. Transferencia de Radiación. Máseres. Propagación de Ondas Electromagnéticas en la Atmósfera Terrestre. Radiotelescopios.