

# EL UNIVERSO EN EMISIÓN

Por JORDI CEPA, Coordinador de Enseñanza del IAC, Director del Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna y uno de los organizadores de la Escuela de Invierno

## Las Escuelas de Invierno

Los grandes avances en Astrofísica están habitualmente ligados al desarrollo de nuevas técnicas y de nuevos instrumentos en telescopios cada vez más poderosos. Sin embargo, las técnicas y los nuevos instrumentos y telescopios solamente pueden explotarse con el máximo rendimiento si se dispone de investigadores jóvenes, creativos, bien formados y preparados.

Las Escuelas de Invierno del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), que en este año cumplen su decimoctavo aniversario, están especialmente concebidas para proporcionar a sus alumnos, investigadores que se hallan empezando su doctorado o su primer contrato postdoctoral, el ambiente y la preparación adecuados para afrontar los nuevos retos de la Astrofísica de vanguardia. Estos objetivos se consiguen mediante una adecuada elección de los temas más competitivos como motivo director de las sucesivas escuelas, así como mediante una cuidadosa selección de los mejores especialistas internacionales que permitan cubrir un amplio abanico de conocimientos de rigurosa actualidad sobre el tema elegido.

De este modo, gracias a las Escuelas de Invierno del IAC, se han formado hasta la fecha más de 1.000 investigadores de todo el mundo en las áreas más competitivas y novedosas de la Astrofísica.

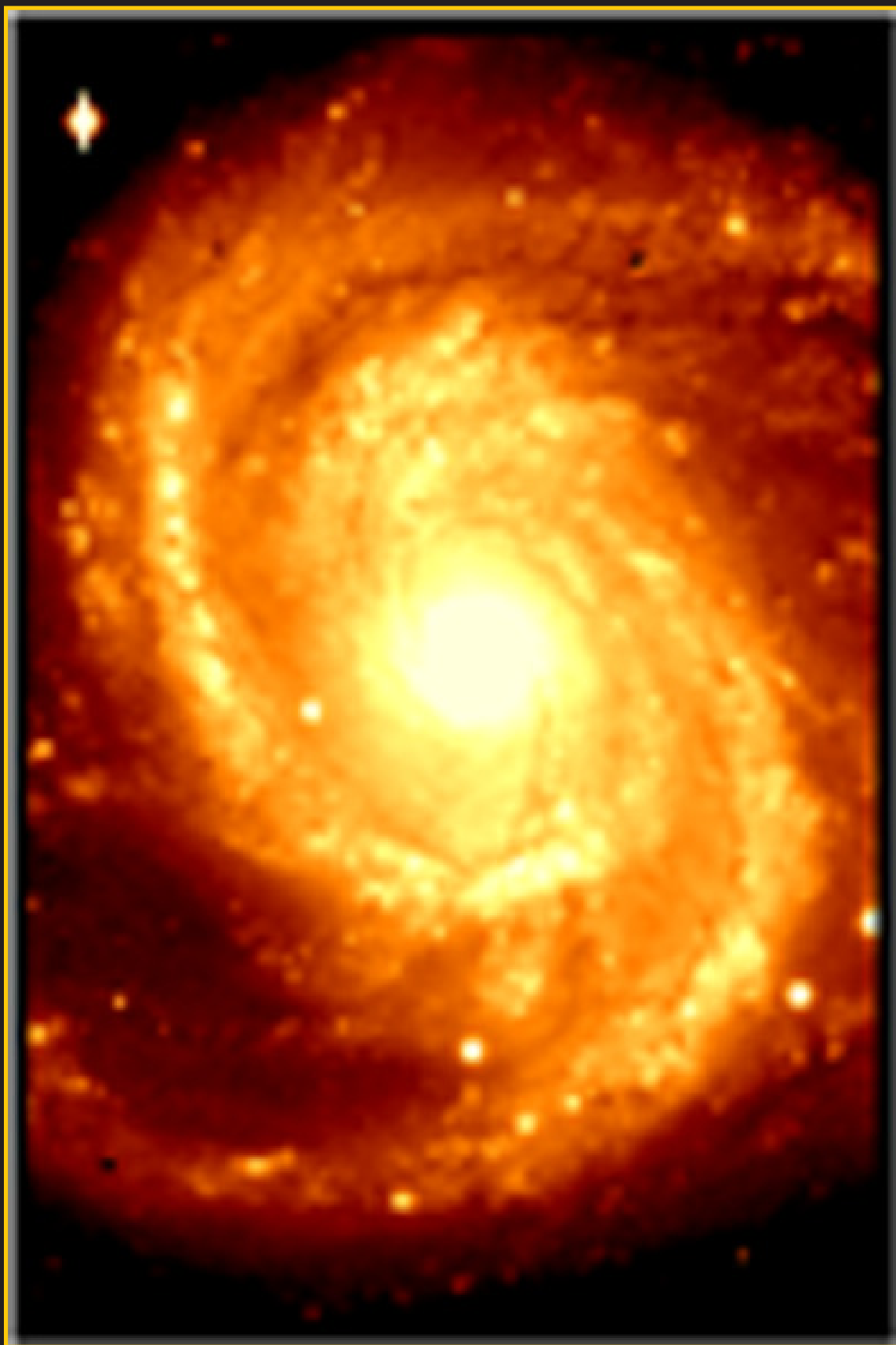
## Las líneas de emisión

La Escuela de este año, «El Universo en emisión», está dedicada a las técnicas de detección y análisis de los objetos que producen líneas de emisión en el Universo.

Cuando un cuerpo sólido, como por ejemplo un metal, se calienta, genera lo que se denomina un espectro «continuo». Es decir, no emite luz solamente a una longitud de onda determinada, sino que la emite en un rango de longitudes de onda muy amplio. En cambio, cuando un gas se calienta lo suficiente, produce lo que se denominan «líneas de emisión». El gas emite luz a unas longitudes de onda muy precisas, propias de cada elemento químico que se halla presente en él.

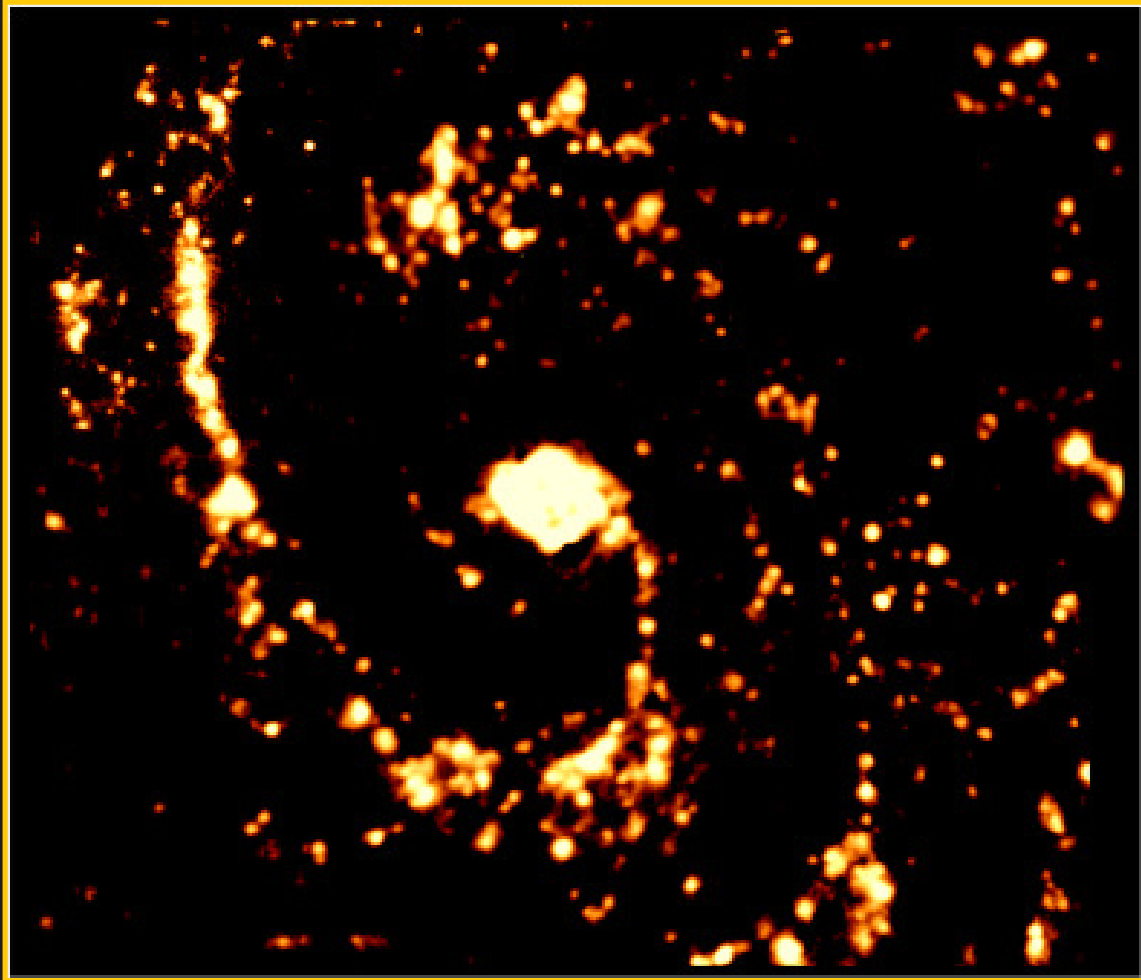
Por este motivo, el análisis de las líneas de emisión producidas permite determinar la composición química del gas, su temperatura, grado de ionización y densidad. Además la emisión indica que el gas se halla excitado, bien por la radiación de una estrella, bien por otros procesos. En el primer caso, la intensidad de la emisión permite estimar la masa de estrellas recién formadas en la zona; en el segundo, indica la presencia de un núcleo galáctico activo y permite determinar su tipo y sus propiedades.

En consecuencia, el estudio de las líneas de emisión es fundamental para analizar la formación estelar y la composición química de los objetos del Universo. El instrumento OSIRIS, que empezará a funcionar próximamente en el *Gran Telescopio CANARIAS* (GTC), está optimizado para el estudio de las líneas de emisión. Para ello incorpora los denominados filtros sintonizables. Estos filtros permiten observar a cualquier longitud de onda en un rango espectral relativamente estrecho y que además es regulable. El cambio de longitud de onda y de ancho de banda se realiza en cuestión de milisegundos. De esta



**Arriba.** Imagen en banda ancha de la galaxia espiral del cúmulo de Virgo NGC 4321.

**Abajo.** Imagen en la línea de emisión H $\alpha$  de la misma galaxia en la misma orientación. En el primer caso se observa la población estelar de la galaxia mientras que en el segundo destacan las regiones de gas ionizado por la población estelar más joven y masiva. Ambas imágenes han sido tomadas por el autor utilizando el foco primario del *Telescopio Isaac Newton*, de 2,5 metros (imagen de arriba), y el foco cassegrain del *Telescopio William Herschel*, de 4,2 metros (imagen de abajo). Ambos telescopios, del Grupo de Telescopios Isaac Newton, se hallan en el Observatorio español del Roque de los Muchachos, en Garafía, en la isla de La Palma.



manera se puede observar cualquier línea espectral de cualquier elemento químico situada a cualquier desplazamiento al rojo o distancia.

La combinación de la eficiencia de OSIRIS con la capacidad del telescopio más grande del mundo permitirá observar las líneas de emisión tanto de los objetos más lejanos como de los objetos más débiles del Universo. Esta XVIII edición de la Escuela de Invierno del IAC tratará los objetivos científicos que permiten cubrir ambos tipos de objetos, tanto en el rango espectral de OSIRIS como en otros rangos espectrales, como el infrarrojo o radio.

### **Estructura y contenidos de la Escuela**

Las primeras clases de la Escuela se dedicarán al estudio de los procesos que pueden producir líneas de emisión y a la información que éstas pueden proporcionar. Seguidamente se analizarán los modelos de fotoionización existentes y finalmente se plantearán los problemas más comunes que se encuentran al abordar el estudio de las regiones ionizadas.

Conjuntamente con estas lecciones introductorias, se estudiarán en detalle los objetos más conspicuos que pueden observarse en emisión. Primeramente los de nuestra galaxia, como son las regiones HII, nebulosas planetarias, remanentes de supernova, protoestrellas, estrellas peculiares y Wolf-Rayet, entre otros.

Los cuásares y los núcleos galácticos activos constituyen otra clase importante de objetos emisores. Tras una revisión de los distintos tipos de núcleos activos, se estudia el actual modelo unificado en detalle y cómo permite explicar los distintos tipos de núcleos activos. Las lecciones sobre este tema se cierran con las implicaciones cosmológicas del estudio de los cuásares.

Las siguientes lecciones sitúan a los alumnos mucho más lejos en el espacio y el tiempo. El estudio de los cartografiados en líneas de emisión empieza con el análisis de los distintos métodos y técnicas y los sesgos que presentan. A continuación se revisan los cartografiados existentes y los resultados obtenidos, para finalizar con los cartografiados más modernos y las perspectivas de futuro.

Estos cartografiados permiten estudiar las galaxias primigenias, su evolución, y la evolución de la formación estelar y de la metalicidad del Universo. Las galaxias primordiales incluyen a la famosa y desconocida población III y sus características observables, a la formación estelar en el Universo y a la función inicial de masas. Los objetos Ly $\alpha$  y sus técnicas de detección, incluyendo la novedosa búsqueda de amplificación por efecto microlente, que permitiría llegar a mayores distancias, constituyen un apartado fundamental de las clases que abarcan este tema.

Las lecciones anteriores enlazan con las correspondientes al estudio de la formación estelar a alto desplazamiento al rojo y los principios básicos de la formación de estructuras tanto lineales como no lineales. Incluyen el estudio de la época de reionización y sus implicaciones, y el enriquecimiento del medio interestelar.

Este proceso de enriquecimiento permite abordar el último tema de las lecciones de la Escuela: la evolución química del Universo. Partiendo de los principios básicos de la evolución química mediante modelos analíticos, se procede a interpretar los datos de las abundancias químicas de las galaxias y sus gradientes, así como las implicaciones que tienen en la formación de los discos de espirales y en la historia de su formación estelar. La abundancia de hierro en el medio interestelar y la evolución química de los cuásares cierran este tema.

Estas clases teóricas se combinan con clases prácticas, que permitirán a los alumnos egresados la aplicación inmediata de los conocimientos adquiridos a su tema de tesis o de investigación favorito.