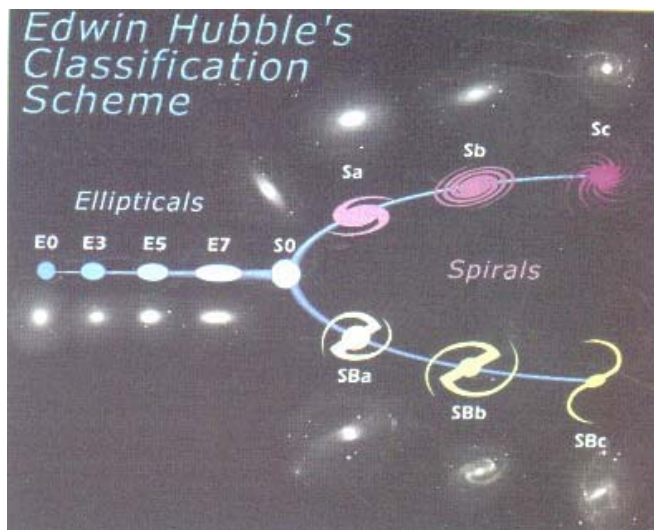


ACTIVAS Y PEREZOZAS: LAS GALAXIAS TAMBIÉN LO SON

Por Isabel MÁRQUEZ (IAA-CSIC)

DESDE EL DESCUBRIMIENTO, EN LOS AÑOS 20, DE LA NATURALEZA EXTRAGALÁCTICA de muchas de las nebulosas que se observaban en el cielo nocturno, se ha intentado encontrar un patrón para agrupar las galaxias¹ en conjuntos con propiedades físicas comunes. El "diapasón" propuesto por Hubble (imagen dcha), si bien en principio responde a una clasificación taxonómica, es especialmente útil porque supone el establecimiento de grandes grupos caracterizados por compartir, ya no sólo la forma, sino las propiedades cinemáticas (relativas al movimiento), de contenido en estrellas, gas y polvo, y con procesos de formación de estrellas similares. Tal como se muestra en la imagen de la derecha, Hubble distingue entre elípticas, espirales y lenticulares (éstas últimas como tipo intermedio), y las espirales subdivididas a su vez en barradas y no barradas.



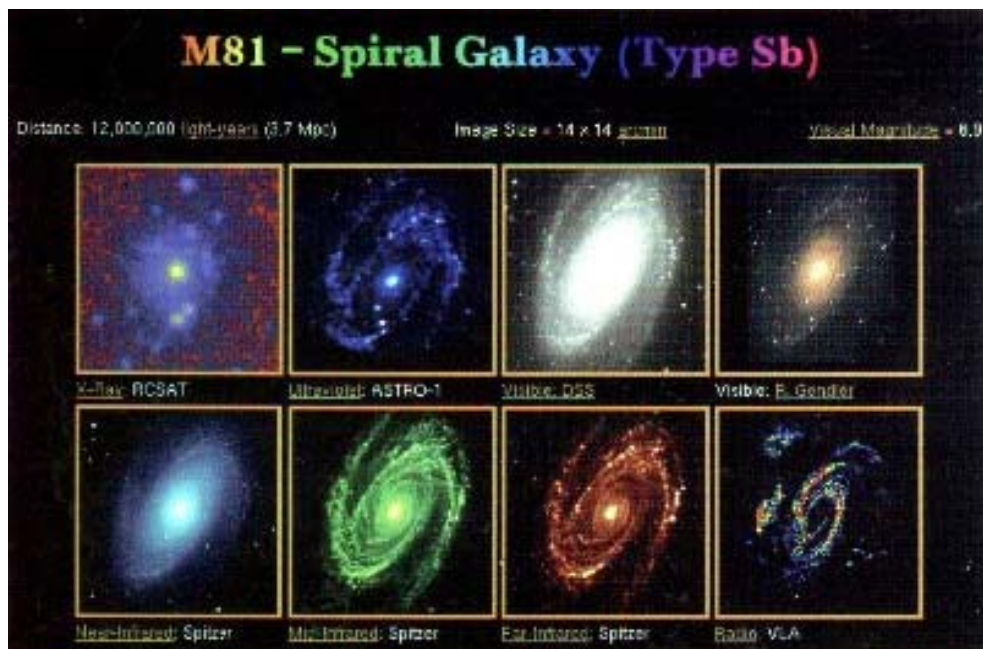
"Diapasón de Hubble", que se aplica a las galaxias cercanas y masivas. Las clasifica en dos grandes grupos: elípticas y espirales, éstas a su vez separadas en barradas y no barradas.

Gracias a estudios a esta clasificación, sabemos que las elípticas albergan una población estelar fundamentalmente vieja y que su contenido en polvo y gas es mucho menor que en las espirales; las galaxias elípticas se mantienen estables frente al colapso gravitatorio debido al propio desorden de los movimientos de sus estrellas (la llamada dispersión de velocidad). Por su parte, las espirales se caracterizan por poseer dos componentes fundamentales, el bulbo (o componente esferoidal asimilable a las elípticas) y el disco, y por motivar procesos de formación estelar más recientes. La rotación del disco las hace estables frente al colapso gravitatorio. En el caso de las barradas, que son al menos dos tercios del total de las espirales, esta componente alargada puede tener consecuencias importantes en la evolución espontánea de sus propiedades.

¹ En lo que sigue se utilizará una definición operativa de galaxia, como agrupación autogravitante de millones de estrellas de masas y edades diversas, nubes de gas a diferentes temperaturas, densidades y grados de ionización, polvo y materia oscura.

Existen, además, otros tipos de galaxias, como las irregulares, las enanas, o las de bajo brillo superficial –las que serían el colmo de la pereza-, a las que no nos referiremos a continuación (en lo que a actividad nuclear se refiere, estas galaxias no juegan prácticamente ningún papel).

La morfología de las galaxias depende generalmente del plano de visión (orientación) en el cielo, además de la longitud de onda en que se observe ya que, en función de ésta, los fenómenos físicos que tienen lugar serán más o menos aparentes (imagen siguiente). Así, en rayos X veremos el gas muy caliente (a millones de grados) visible en centros de cúmulos de galaxias, en explosiones de supernova, estrellas binarias de rayos X y en AGNs (núcleos activos de galaxias). En el ultravioleta y azul destacarán las estrellas muy calientes, masivas y jóvenes, mientras que en el rojo e infrarrojo cercano lo harán estrellas más viejas y menos masivas. En el infrarrojo medio predominará la emisión proveniente de polvo caliente y de estrellas muy frías, y en el infrarrojo lejano, la del polvo templado o frío. En frecuencias milimétricas se observarán las líneas moleculares y en radio frecuencias el hidrógeno atómico o los procesos de emisión de radiación sincrotrón (púlsares y AGNs).



Imágenes de la galaxia M81 en diferentes longitudes de onda, que reflejan distintos procesos físicos.

Las galaxias ocupan además un rango muy amplio de distancias, de modo que, cuanto más lejos se hallen, se podrán distinguir menos detalles sobre su apariencia y la frecuencia observada se corresponderá con longitudes de onda progresivamente desplazadas hacia el azul debido a la expansión del Universo (efecto K). La comparación con los sistemas del Universo cercano habrá de hacerse considerando estas dos salvedades. Por otra parte, las galaxias no permanecen de manera inmutable en la secuencia de Hubble (hecha para el óptico y para galaxias cercanas y masivas), sino que continúan “formándose”, ya sea por evolución secular (interna), o por procesos de interacción.

Las galaxias activas

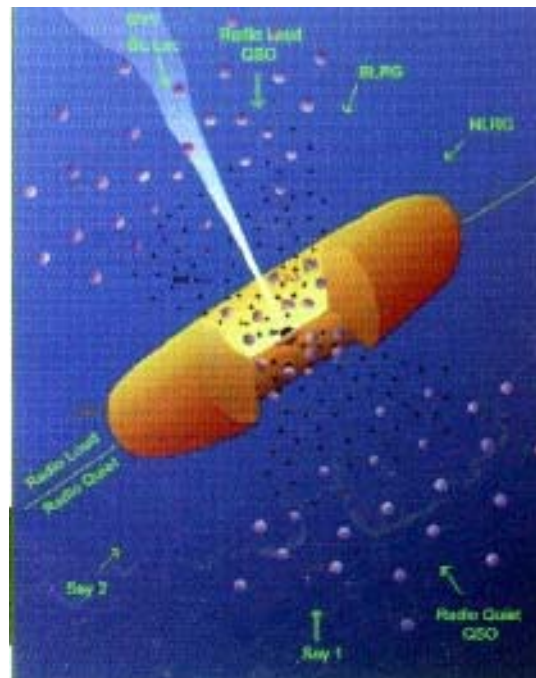
Las galaxias activas sufren procesos fuera de lo que ocurre en las galaxias normales, con peculiaridades que se manifiestan a lo largo de todo el espectro electromagnético: peculiaridades morfológicas (estructuras compactas de alto brillo superficial, núcleo estelar o semiestelar, estructuras externas irregulares cuyo origen suele atribuirse a fuerzas de marea, núcleos dobles o triples) y características espectrales inusuales (líneas de emisión muy intensas y anchas,

colores muy azules, emisión en radio, en rayos X o en el infrarrojo lejano anormalmente intensa). Hasta épocas muy recientes la gran mayoría de las galaxias activas se han encontrado por cartografiados del cielo en el óptico, seleccionando galaxias con excesos en el azul o ultravioleta, o buscando líneas de emisión en los espectros. El origen de esta actividad puede deberse a procesos de formación estelar muy potentes: la llamada actividad de tipo *starburst*, para la que la interacción gravitacional se ha sugerido como mecanismo inductor importante. Pero otros procesos cuyo origen no puede ser estelar tienen lugar en los núcleos de algunas galaxias: es la llamada actividad nuclear galáctica, o AGN, a la que nos dedicamos a continuación.

AGNs

La actividad de tipo AGN se debe a los procesos de acreción que resultan de la caída de material sobre un agujero negro central supermasivo. La radiación ionizante en el disco de acreción calienta el gas y produce las propiedades características de este tipo de objetos: emisión de radio frecuencias, presencia de líneas espectrales anchas, variabilidad, continuo no-térmico y polarización. En el esquema actual (imagen inferior), el agujero negro central es extremadamente pequeño (alrededor de una millonésima del tamaño de la galaxia que lo alberga) y muy masivo (de 10 a 100 millones de masas solares). A distancias cien veces superiores se encuentra una región compacta de alta densidad, responsable de las líneas permitidas anchas, la llamada región de líneas anchas o BLR, de *Broad Line Region*.

A su alrededor, un toroide de polvo que, según la visual del observador, puede llegar a ocultar la BLR. En escalas hasta mil veces superiores a la anterior, se encuentra una región de densidad más baja, responsable de la emisión de líneas prohibidas estrechas, la llamada región de líneas estrechas, o NLR, de *Narrow Line Region* (se les llama líneas prohibidas porque, en situaciones normales en laboratorios terrestres, estas líneas no aparecen). Los AGNs constituyen el fenómeno estable más energético del Universo, de modo que nos permiten acceder a épocas muy tempranas del Universo ya que son observables hasta distancias muy grandes. El porcentaje y la potencia de



Esquema de la región más central de una galaxia con AGN, con las diferentes zonas que se requieren para explicar las diferentes propiedades (Umy y Padovani, 1995). Según el esquema de unificación, los AGNs pueden agruparse considerando los efectos de ocultación del toroide central.

los AGNs aumentan con el corrimiento al rojo, indicando que el Universo más joven era más activo. Sin embargo, cuanto mayor es la distancia, la apariencia es más débil y más pequeña, dificultándose enormemente el estudio de la morfología de las galaxias anfitrionas de AGNs lejanos.

Los AGNs se han catalogado en diferentes tipos, como son los cuásares, los núcleos tipo Seyfert o LINER o las radiogalaxias. Desde los años 80 se propuso una hipótesis conocida como esquema de unificación, según la cual las diferencias entre las propiedades de unos tipos de AGNs y otros pueden explicarse considerando el efecto de ocultación del toroide central: en el caso de las galaxias sin emisión de radio, si la visual no intercepta este toroide, el observador tendría acceso a la BLR y la NLR, y por tanto vería una galaxia de tipo Seyfert 1 o un cuásar; en caso

contrario, solo accedería a la NLR, con lo que vería una galaxia de tipo Seyfert 2. De modo semejante ocurriría con los AGN con fuerte emisión en radio.

Investigación en el IAA

Un caso especialmente interesante lo constituyen las galaxias ultraluminosas en el infrarrojo (ULIRGs), donde ambos tipos de actividad, AGN y *starburst*, pueden ser muy relevantes. Inmersas en grandes nubes de polvo, estas galaxias suelen encontrarse en sistemas en fuerte interacción, como ocurre también en los cuásares, como corroboraron trabajos de nuestro equipo (imágenes que siguen). El caso de los LINERs, probablemente en el extremo opuesto de actividad más baja, es parte fundamental de nuestro tema de trabajo², en el que tratamos de dilucidar si se trata de núcleos con agujeros negros menos masivos, con mecanismos de acrecimiento menos eficientes o con un oscurecimiento más importante que en Seyferts.

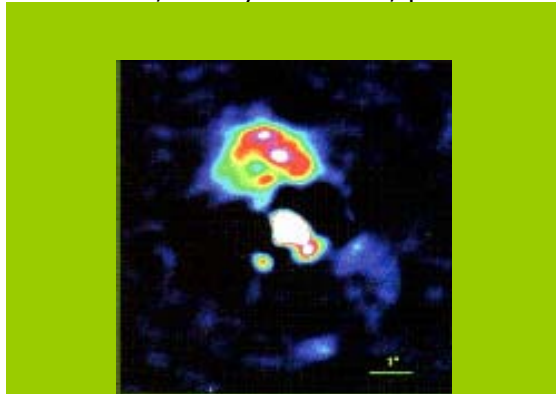
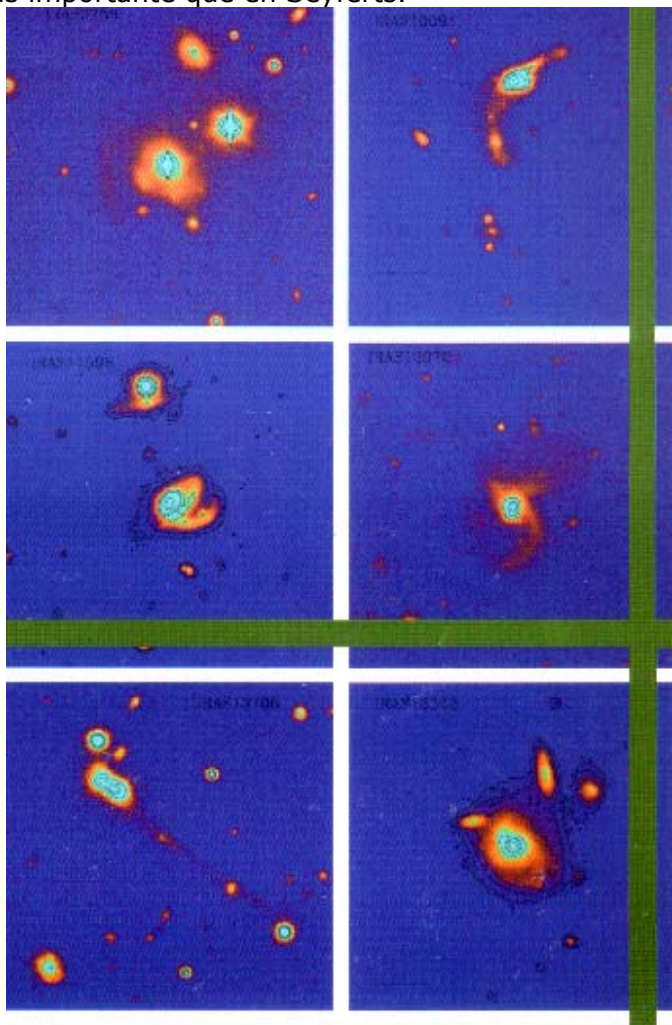


Imagen obtenida con óptica adaptativa en el telescopio franco-canadiense (Hawai) de un cuásar. Tanto la galaxia anfitriona del cuásar como la compañera presentan signos inequívocos de fuerte interacción gravitacional (Márquez et al. 2001)



Imágenes de galaxias ULIRG obtenidas por nuestro grupo en el NOT (La Palma). Los procesos de interacción fuerte y fusión son muy frecuentes. (Masegosa y Márquez 2002).

Uno de los temas candentes sobre AGNs consiste en tratar de entender porqué solo un 10% de las galaxias masivas presenta este tipo de actividad, cuando se viene mostrando que todas ellas albergan un agujero negro central (también nuestra Vía

Láctea, que podría clasificarse como “perezosa”). Entre las condiciones necesarias para activar un núcleo están las de precisar tanto de un mecanismo de transporte hacia el puro centro como de suficiente material (gas, estrellas ...) para alimentarlo. La interacción gravitacional implica el cumplimiento de ambos requisitos. En el caso de galaxias espirales aisladas, se han sugerido como posibles candidatos los procesos de evolución secular inducidos por la presencia de una barra, si bien los resultados indican que se precisan estructuras y procesos adicionales. Nuestra contribución al respecto muestra que las galaxias espirales aisladas, con y sin núcleo activo, son semejantes desde todo punto de vista hasta las escalas de la NLR³. Nuestras investigaciones más recientes tratan de discernir cómo se relacionan tipo y potencia del AGN con las propiedades de la galaxia anfitriona, y si puede encontrarse una relación que no dependa a su vez del tipo de entorno en el que se encuentra, para lo cual habremos de solventar, entre otras, todas las dificultades relativas al estudio morfológico de las galaxias progresivamente más lejanas.

Este artículo aparece en el nº 23, de octubre 2007, de la revista *Información y Actualidad Astronómica*, del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC).

² Parte del trabajo de tesis de Omaira González Martín (ver González-Martín et al. 2006, 2007)

³ Resultados del proyecto DEGAS, acrónimo de Dinámica y Estructura de Galaxias Activas, en el que participamos un grupo de astrónomos del IAA, de Francia y Chile.