

del tamaño del sistema planetario es equivalente a la luz emitida por el resto de la galaxia que puede ser cien mil veces mayor. Esto equivaldría a pedirle a una luciérnaga que emitiese toda la luz de la ciudad de México. Estos núcleos se encuentran tanto en galaxias espirales como elípticas. La luz emitida por una galaxia normal es característica de luz dominada por estrellas; en las galaxias activas la luz está dominada por otros tipos de radiación.

Un tipo de radiación es la generada por electrones moviéndose a velocidades relativistas (cercas a la velocidad de la luz) y un campo magnético muy intenso, conocida como radiación sincrotrónica. Otro tipo es radiación producida por gas ionizado, transmisiones producidas por electrones que se mueven entre distintos niveles de energía de un átomo produciendo emisión de fotones. Finalmente, mencionaré un proceso de doble banda y del cual es responsable el material de las galaxias que llamamos polvo. El polvo es material sólido que al absorber cierto tipo de radiación muy caliente se encarga de re-emitirla a temperaturas menores detectables en la región infrarroja del espectro electromagnético. (Fig. 3.)

Y ya que andamos moviéndonos en el espectro de radiación, sabemos que en radio frecuencias y rayos X también hay radiación que proviene del núcleo. En radio, al realizar observaciones se ve emisión que no sólo trasciende los límites de la radiación emitida en luz visible sino que además aparece distribuida en forma un tanto direccional, en chorros de material que definen una geometría que podríamos describir como dos conos sumamente alargados en direcciones opuestas que parecen terminar en dos lóbulos o nubes gigantescas que acaban difundiéndose en el espacio intergaláctico. Lo interesante, es que estos chisguetes de material parecen provenir del núcleo (Fig. 4). Finalmente, la radiación producida en rayos X que detectamos es también producida en la región nuclear de las galaxias.

Estos fenómenos de actividad no sólo se reflejan en la radiación emitida sino también en el movimiento del material. Las velocidades del material asociado al núcleo son extremadamente altas produciendo choques violentos y eyección de material a distancias enormes comparadas con el tamaño de una galaxia normal.

La actividad en galaxias se expresa en distintos grados, en un extremo se encuentran galaxias poco activas y en el otro extremo se encuentran objetos tan energéticos que la radiación emitida es dominada completamente por la región nuclear. Estos objetos son los cuasares. Es necesario ahora recorrer todavía mayores distancias y situarnos en los confines del Universo observable, en los dominios de los cuasares (Fig. 5). Se ha encontrado que estos objetos tienen características muy similares a las de los núcleos de galaxias activas. También se tienen fenómenos en regiones pequeñísimas tan energéticos que se observan chorros de material eyectados por el núcleo y moviéndose a velocidades cercanas a la misma velocidad de la luz. En algunos casos, se ha determinado que la velocidad rebasa a la velocidad de la luz, lo cual desde el punto de vista de la física es imposible. Los principios de la relatividad establecen que no es posible rebasar la velocidad de la luz y que las leyes físicas son las mismas en cualquier lugar del

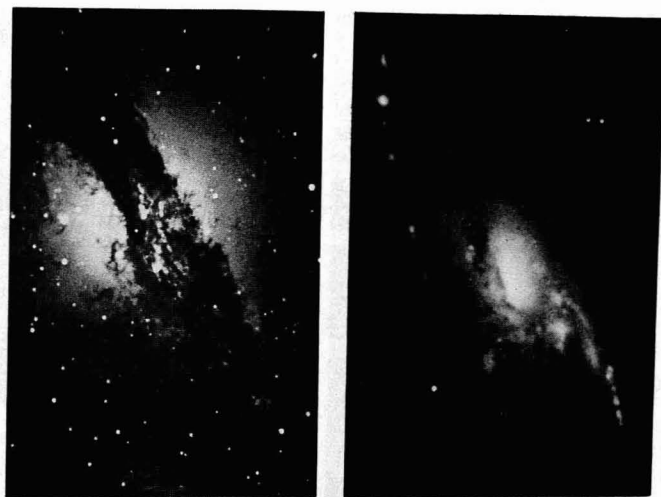


Figura 2: Galaxias Activas. (a) Centauro A, (c) NGC 4258, (d) NGC 473.

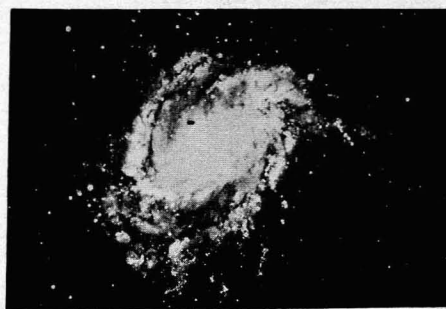
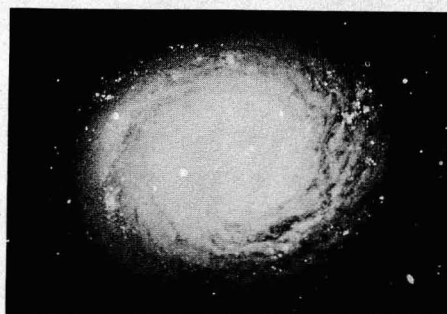


Figura 3: Polvo interestelar en la galaxia NGC 5236 delineando la estructura espiral violentada por la actividad nuclear.

Universo. Esto implica que las determinaciones de velocidad ultrarrelativista asociadas a cuasares son una osadía violatoria de principios fundamentales. La explicación más aceptada es que se trata de un fenómeno de ilusión relativista, similar a los fenómenos de ilusión óptica que conocemos. Los objetos más energéticos que conocemos son entonces los cuasares. La similitud entre las galaxias activas y los cuasares es tan grande que creemos que se trata de fenómenos físicos similares, las únicas diferencias que conocemos es que son más distantes y más energéticos. Si un cuasar estuviera más cerca lo veríamos como una galaxia activa, con un núcleo muy brillante rodeado de estrellas distribuidas en forma elipsoidal (si el núcleo se localizara en una galaxia elíptica) o de un bulbo central embebido en un disco de estrellas y material interestelar con brazos espirales y un halo de estrellas gigantesco (si se tratara de un núcleo en una galaxia espiral).

La fuente de energía

La pregunta fundamental ha surgido: ¿cómo se producen tales cantidades de energía en volúmenes tan pequeños? Hasta

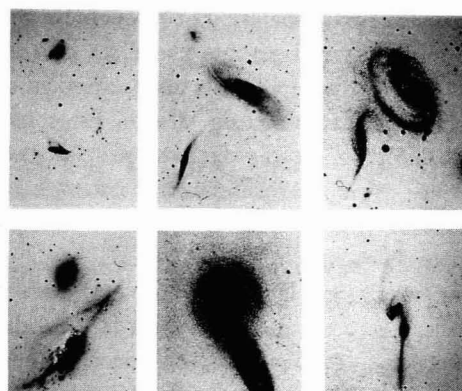
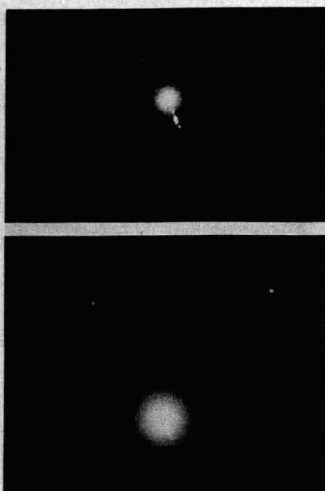


Figura 4: Chorro de material eyectado por el núcleo de la galaxia elíptica M 87. Figura 5: Cuasares Se muestra un cuasar (indicado por la flecha) muy distante, observado proyectado en el entorno de una galaxia espiral. Figura 6: Ejemplos de galaxias interactuantes.

ahora sólo sabemos que las estrellas son incapaces de igualar este requerimiento tan grande de energía. Han surgido muchas ideas para explicar este fenómeno. La más aceptada es que la masa en ese volumen es tan grande, equivalente a millones de veces la masa del Sol, que se genera caída o acreción de material por la presencia de un hoyo negro, produciendo la formación de una estructura similar a un enorme remolino que llamamos disco de acreción. En este disco el material se calienta a temperaturas altísimas, de millones de grados, produciendo energía térmica en grandes cantidades y, por tanto, radiación. En conclusión, la caída de material (gas y estrellas) hacia un hoyo negro es capaz de emitir radiación. Estudios teóricos han probado que esta radiación no es isotrópica, es decir en todas direcciones, sino en estructuras cónicas similares a las observadas en los núcleos activos de galaxias.

Un fenómeno que también puede ocurrir es la interacción gravitacional entre galaxias, esta interacción puede ser de distintos grados como puede verse en la Fig. 6; algunas galaxias interaccionan débilmente como si apenas se rozaran, otras realmente se entrelazan en una especie de acto amoroso y al-

gunas llevan su relación a tal extremo que prácticamente se destruyen. Si alguna similitud ocurre con las relaciones humanas es mera coincidencia. Es posible que la actividad de galaxias sea producto de interacciones terriblemente violentas.

Nuestras herramientas

Es posible que el lector se pregunte: ¿cómo podemos conocer tales parajes? La respuesta es sencilla: escudriñando el cielo con grandes telescopios. La información que los astrónomos obtenemos de los objetos celestes es a través de la luz que recibimos en nuestros telescopios. Existen varios tipos de telescopios, diseñados para detectar desde ondas de radio hasta rayos X, terrestres y espaciales, pequeños y grandes. Pero no basta con un telescopio, es necesario tener instrumentos que nos permitan "procesar" los fotones recibidos para después mediante un "análisis de la información" determinar algunas propiedades físicas de los objetos astronómicos. Nuestro laboratorio se encuentra realmente muy lejos, las condiciones físicas en muchos casos son irreproducibles en laboratorios aquí en la Tierra y muchos fenómenos se repiten en tiempos tan largos que no alcanzan la vida de un ser humano. Es por esto que un astrónomo observacional tiene grandes aliados: físicos, electrónicos, ópticos, instrumentistas, computólogos, ingenieros, que con su trabajo han hecho posible el desarrollo de grandes telescopios e instrumentos astronómicos. Lo interesante es que sus aliados se han nutrido de la necesidad del astrónomo de, por ejemplo, desarrollar detectores lo más sensible posibles, puesto que cada fotón detectado es de suma importancia.

Un observatorio de cientos en el mundo pertenece al país y está bajo la custodia de la UNAM, el Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir, B. C. (Fig. 7). Creo que si el lector conociera el lugar desarrollado por astrónomos mexicanos durante más de 30 años, sentiría esa especie de orgullo puma que en algunos casos la UNAM nos produce. Es ahí donde mujeres y hombres dedicados a la astronomía en la UNAM realizamos parte de nuestro trabajo. Es ahí donde algunos de nosotros estudiamos a las galaxias. Algunas veces, al estar ahí recuerdo Miahuatlán y me doy cuenta que a medida que el tiempo pasa, me voy convirtiendo en uno de esos seres que tanto me intrigan. ◇

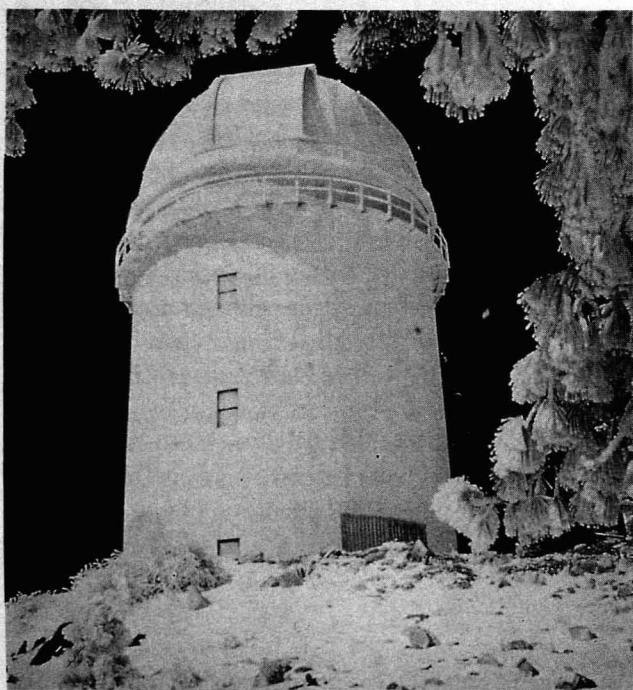


Figura 7: Telescopio de 2.1 m del Observatorio