



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

41
zej

**CATALOGO Y ESTUDIO ESTADISTICO
DE EMISION EN MULTIFRECUENCIAS
DE NUCLEOS ACTIVOS DE GALAXIAS
DE BAJA LUMINOSIDAD (LINERs)**

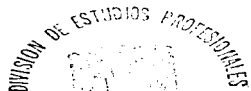
T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
F I S I C O
P R E S E N T A :
RODRIGO ORDOÑEZ NISCHLI

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. DEBORAH DULTZIN HACYAN



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



JULIO DE 1997
FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"Catálogo y estudio estadístico de emisión en multifrecuencias de núcleos activos de galaxias de baja luminosidad (LINERS)"

realizado por ORDÓÑEZ NISCHLI RODRIGO

con número de cuenta 9150720-6 , pasante de la carrera de Física.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario

DRA. DEBORAH DULTZIN KESSLER

Propietario

DR. ROBERTO ALEJANDRO RUELAS MAYORGA

Propietario

DRA. PATRICIA GOLDSTEIN MENACHE

Suplente

DR. JOSE DE JESUS FRANCO LOPEZ

Suplente

DR. JOSE ANTONIO DE DIEGO ONSURBE

Consejo Departamental de Física

DR. ROBERTO ALEJANDRO RUELAS MAYORGA
Coordinador de Licenciatura

FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Para todo efecto práctico, terminé la *obra negra* de esta tesis - concepto que debo al gurú de la banda la noche de un 6 de julio en que por fin le pegó un rayito de sol a este descuajeringado país. Acto seguido, miles nos fuimos a celebrar al Zócalo, lo cual fue un gran detalle de parte de todos los que me acompañaron. La primera entrada de mis notas de trabajo data de exactamente dos años antes (claro que hice muchas cosas mas en esos dos años). Pero en los cinco anteriores a esos dos, pasé todo mi tiempo en vigilia en la inimitable Facultad de Ciencias con un puñado de maniacos que resultaron ser de las mejores personas que he conocido. Incluso el 94, que fue un año triste y a la vez esperanzador en muchos sentidos, fue chiro pasarlo ahí. Pero mas allá del choro (¿habrá algo mas allá?), sirvan estas líneas para agradecer a todos los que tuvieron el placer de convivir conmigo en estos siete años:

- A mi familia de ambos lados del charco: mis apás, mi carnal, y mi carnala; mi abuela Angeles y mi abuelo Alberto, y todos los tíos y primos roladores y voladores.

- A mis cuates del 6 80: Marién, Iliana, Norma, Hebert y Carlitos, con quienes pasé los años mas importantes de mi vida a muchos niveles, y que fueron la compañía y el apoyo que necesité en subidas y bajadas.

- A **La Banda** (madre de todas las bandas y viceversa): Julián, Neto, Paco, Málaga, Vanesa, Paula, Orzo; y Charly, Burguer y Joaquin, quienes además me acompañaron en la aventura cineclubera-zoopraxiscópica. A Eva, Lorea, Nico, Bárbara, La Chana, Blanca, los Plaza, Enrique, Mónica, Juanelo, Wences, Eli, Argelia, los Fluidos, Pablo y Pablito, Fabiola, Tatiana, Igor, Fanny, y demás banda con la que me reventé y rolé innumerables veces. Gracias a ellos mis años en Ciencias han sido los mejores de mi vida.

- A la banda con la que además de Ciencias compartí el Instituto de Astronomía, que no es sólo un lugar privilegiado en la universidad, sino el mejor de los lugares: Serguei (las noches tequileras en su casa las ocupamos en tratar de entender a las estrellas y las mujeres), Mauricio, Isaura, Ivette, Yair, Gilgo, y a todos los maestros y alumnos del seminario de NAGs, así como toda la gente del IA que tuvo de alguna manera que ver con esta tesis.

- A Deborah, la asesora mas sabia y aliviada (una cosa lleva a la otra) que uno pudiera tener, así como a mis sinodales Pati, Alex, José Antonio y Pepe Franco. Yo soy indudablemente un chavo de la generación *Cosmos*: aquellos cuya vida fue encaminada hacia la ciencia por los trabajos de Sagan, así que le daría las gracias si no sonara extraordinariamente pretencioso. A los que sí puedo agradecer es a los extraordinarios maestros que tuve en la carrera, en especial a Alex Ruelas: gracias a sus clases le agarré gusto en definitiva al negocio de la astronomía ya sabiendo de qué se trataba mas allá de su lado romántico; a Ramón Peralta, el otro gran maestro que tuve en Ciencias; y sobre todo, a dos personas gracias a las cuales aprendí a entender y a querer más a la universidad y su gente: Pepe Marquina y Marcelino Perelló. Gracias a las clases de Pepe me quedé en Física tras un inicio durísimo, y gracias a Marcelino y su amistad aprendí a disfrutar todo el aspecto extra- escolar de mi vida como universitario.

- A toda la gente con la que compartí mas de tres años de histeria y locura en el Cine Club Ciencias. Son demasiados para mencionarlos, pero para mas información mis biógrafos pueden remitirse a los

agradecimientos del número 11 del inolvidable *Zoopraxiscopio de Wanda*, y quedarse con las páginas centrales. Muy en especial a Mercedes y Marcelino (otra vez), Nashrú, Adolfo, Dulce, Andrea, Vale, Oscar, Poncho y demás zoopraxiscópicos pasados, presentes y futuros.

- A los amigos entrañables que hice durante mi intercambio en la Universidad de California en Santa Cruz, y que son los mejores que uno pudiera encontrar en cualquier lugar del mundo: Nicole y Javi, Jesús, Arturo y Alejandro, Chadonna, Andrea y Jeremy, e incluso a la banda demoledora del 813. Esos meses en SC fueron de autismo, reventón y felicidad absolutos.

- A Don Osterbrock, mi asesor en el Observatorio Lick, que siempre estuvo amable y dispuesto a echarme una mano -a pesar de que esta tesis apenas estaba arrancando- por sus pláticas y sus consejos; y a toda la gente del observatorio, por su ayuda y las facilidades gracias a las que se realizó una buena parte de la talacha del catálogo del capítulo 4. A la experiencia inolvidable de tomar clases con algunos de ellos, en especial con Frank Drake.

- A la gente de Fundación UNAM y de Intercambio Académico, por la extraordinaria oportunidad que me dieron, y todos los problemas que solucionaron durante nuestra estancia de siete meses en *el gabacho*, así como a la burócrata patética de Ciencias que se esforzó por echar a perder aquí el trabajo que hice allá.

- A mi nueva familia del CCC/CNA, con quienes estoy listo para terminar de pirarme los próximos años; en especial a los zootropitos- ¿próximamente los ztrapitos?-, a Tere y Andrea.

- Al Arcangel Gabriel, la musa del *cornflake*, el Jefe, los Reyes Carmesis, los Boukman, los Fabulosos Cuatro, Nikita Mihalkov, Bogie, los hermanos Coen, los Pumas de la UNAM y Michael Jordan, a quienes debo la inspiración, la buena vibra y las emociones paralelas de estos largos siete años.

- A las *ex-mujeres de mi vida* y *mujeres de mis ex-vidas* (que no es lo mismo), a quienes debo las emociones paralelas y antiparalelas, pero siempre necesarias.

*Mi corazón anclado a la tormenta
es como un barco que va cargado de agua
sin mas tesoro que la suerte incierta
que gobierna su lento navegar.*

- Juan Perro

INDICE

CAPITULO I : Núcleos activos de galaxias

1.1 Descubrimiento.	2
1.2 Clasificación observacional.	3
1.3 Regiones de emisión de líneas.	6
1.4 Características del espectro.	9
1.5 La fuente de energía.	11
1.6 El escenario mas completo.	15
1.7 La conexión brotes- interacciones- NAGs	17
1.7.1 Interacciones y formación estelar global	17
1.7.2 Interacciones y actividad nuclear.	20

CAPITULO II : LINERs

2.1 El trabajo seminal.	26
2.2 La cola de baja luminosidad	28
2.3 Mecanismo de excitación en LINERs.	31
2.4 Propiedades multifrecuencias del continuo en Seyferts y LINERs.	34
2.4.1 Rayos X	34
2.4.2 El ultravioleta	36
2.4.3 El óptico	37
2.4.4 El infrarrojo	38
2.4.5 El radio	40
2.4.6 Estudios en multifrecuencias	42

CAPITULO III : La elaboración de un catálogo de LINERs

3.1 El catálogo de galaxias Seyfert de Lipovetsky (LNN)	45
3.2 Las otras fuentes	46
3.2.1 El catálogo de cuasares y núcleos activos de Véron y Véron-Cetty (VCV)	46
3.2.2 La base de datos extragaláctica de la NASA (NED)	47
3.2.3 El catálogo de NAGs de Huchra.	48
3.3 Astronomía desde el espacio	48
3.3.1 El Observatorio Einstein.	49
3.3.2 El Satélite Röntgen (ROSAT).	49
3.3.3 El Explorador Internacional Ultravioleta (IUE)	50
3.3.4 El satélite IRAS	50

CAPITULO IV : El catálogo de LINERs.

4.1 Descripción, notas y especificaciones del catálogo.	51
4.2 Tablas.	56

CAPITULO V : Breve estudio estadístico de LINERs.

5.1 Estadística general.	83
5.2 Luminosidades en multifrecuencias.	88
5.3 Análisis de Componente Principal.	97
5.4 Discusión.	104
5.5 Conclusiones.	105

APENDICE 1. El método de Análisis de Componente Principal (PCA).	107
---	------------

APENDICE 2. Resultados de análisis de componente principal.	108
--	------------

REFERENCIAS	113
--------------------	------------

CAPITULO I

Núcleos activos de galaxias

*If this desert's all there'll ever be
Then tell me what becomes of me
A fall of rain?
That must have been another of your dreams,
a dream of mad man moon.*

- Genesis 76:4

1.1 Introducción: El " Descubrimiento"

Las galaxias activas, o más propiamente los núcleos activos de galaxias (NAGs) son los objetos más luminosos que se conocen en el universo, y por tanto poseen las fuentes de energía más poderosas que se hayan identificado.

A pesar de que el estudio de estos objetos como tales, abarca ya mas de tres décadas, bien dice J. Perry (1992) que mientras el principio básico de la naturaleza misma de la actividad nuclear sigue siendo objeto de controversia, por lo menos existen ya claras definiciones operacionales u observacionales, que nos permiten clasificar estos objetos de acuerdo a ciertas características para abordar su estudio, aunque esta clasificación tiene un sentido menos estricto precisamente en el caso de los objetos de menor luminosidad de esta "familia", que son básicamente los que tratará este trabajo. El propio término de "actividad" nuclear, ha evolucionado desde su concepción primera, en que apenas era sinónimo de "no estelar" o "no térmico", refiriéndose a la naturaleza de la fuente de energía que alimenta las grandes luminosidades de estos objetos.

El estudio observacional de los NAGs arranca de hecho hacia 1908 con el trabajo de Edward A. Fath en el observatorio Lick sobre el espectro del núcleo de las galaxias espirales mas luminosas conocidas. En su estudio, Fath encontró por vez primera líneas de emisión superpuestas al continuo estelar y a las líneas de absorción, lo cual era ya interpretado correctamente en esa época como el resultado de la luz integrada proveniente de un gran número de estrellas. En 1926 Edwin Hubble en un famoso estudio sobre nebulosas extragalácticas, encontró líneas de emisión "del tipo de nebulosas planetarias" en tres galaxias mas, preparando el terreno para el trabajo clásico de Carl K. Seyfert. que dos décadas mas tarde, sería el parteaguas en el estudio de los núcleos de las galaxias, y sería el punto de partida para el estudio de los NAGs entendidos como galaxias en cuyos núcleos estaba presente en definitiva un proceso físico desconocido hasta ese momento.

En su trabajo, Seyfert (1943) caracterizó por primera vez a una pequeña fracción de las galaxias, que hoy precisamente se conocen como "Seyfert" en su honor, como galaxias especialmente luminosas que

presentaban líneas anchas de emisión emitidas por un núcleo pequeño y brillante de apariencia "semi-estelar" que cubrían un amplio rango de ionización, y cuyos anchos eran invariablemente mayores a los de las líneas de absorción presentes en el espectro de las galaxias normales.

Al trabajo de Seyfert, siguió la identificación de las radio galaxias, que resultaron proporcionalmente menos numerosas, pero que presentaban también núcleos pequeños y altamente luminosos, y líneas de alta ionización, además de ser fuentes importantes de radio. Sin embargo, muchas de las fuentes de radio descubiertas entonces desafiaron la comprensión de los astrónomos por años, al presentar espectros continuos, carentes de líneas de absorción, y líneas de emisión que no pudieron ser identificadas hasta que científicos como Schmidt, Greenstein y Matthews (1963) lo consiguieron al proponer que estos objetos estaban corridos al rojo en un número nunca visto hasta ese entonces. Los extraordinarios corrimientos propuestos como una explicación viable (y mayores a los de las galaxias mas débiles identificadas hasta ese momento), trajeron una nueva pieza al rompecabezas: estos objetos estelares en apariencia estarían a distancias gigantescas que no permitían con las placas fotográficas existentes revelar la galaxia que los albergaba. Estos objetos fueron llamados cuasares (por las siglas en inglés de quasi-stellar radio source: fuente de radio cuasi-estelar), y en la mayoría de los casos, estudios posteriores con CCDs revelaron que se trataba, efectivamente, de núcleos de galaxias. Mas adelante, fueron hallados los equivalentes radio-tenuos de estos objetos, conocidos como QSOs (por las siglas en inglés: quasi-stellar objects). Gracias a grandes búsquedas, hoy en día se conocen cuasares con corrimientos (z) extraordinarios, incluso con $z > 4$, los cuales según la interpretación cosmológica se alejan de nosotros a una velocidad mayor a $0.90 c$, y por tanto se encuentran ya muy cerca de lo que llamaríamos los límites del universo observable; en contraste con el corrimiento del primer cuasar identificado, que era de $z = 0.158$.

El estudio subsecuente de estos objetos, clasificados observacionalmente de la manera en que se detalla mas adelante, ha llevado a grandes grupos de científicos a considerarlos como una gran familia, que forma una secuencia físicamente continua, abarcando un gran rango de luminosidades, sin que ello implique que es necesariamente un solo proceso físico a escala el responsable de su extraordinaria luminosidad.

1.2 Clasificación observacional

Aunque ya se mencionaron algunas distinciones primeras en el apartado anterior, la clasificación de los NAGs es esencialmente empírica y observacional y se basa en su luminosidad así como sus características espectrales, principalmente en la intensidad y el ancho de sus líneas de emisión, y en los cocientes entre ellas. Según Keel (1985), la actividad nuclear puede inferirse básicamente a través de observaciones como a) cocientes de líneas de emisión no compatibles con fotoionización estelar, b) anchos de las líneas de emisión que representan velocidades excesivas en comparación a las nebulosas gaseosas ordinarias, c) una emisión nuclear fuerte de rayos X ó d) una fuente compacta de radio, a la que se asocia en muchos casos la presencia de jets, esto es, eyecciones de plasma relativista en forma de chorros. Propiedades que ya habíamos mencionado que completan esta lista, serían la alta luminosidad de estos núcleos, la presencia o ausencia de líneas de emisión anchas (equivalentes, considerando ensanchamiento Doppler a velocidades de hasta miles de km/s), presencia de líneas de emisión delgadas de alta excitación y líneas de emisión de baja excitación, un alto grado de variabilidad en diferentes escalas de tiempo (que es una constricción fuerte para muchos modelos), y emisión en todas las frecuencias, incluyendo IR, UV, rayos X, e incluso rayos gamma, destacando un

exceso en el azul y el IR en la mayor parte de los objetos. Todos los NAGs presentan un continuo óptico, además del espectro continuo con líneas de absorción de naturaleza estelar característico de cualquier galaxia normal. La presencia de líneas anchas de emisión está fuertemente asociada con este continuo, cuyo origen es una pequeña región no resuelta en los núcleos, que es evidentemente el sitio de generación de energía distintivo de todos los NAGs. En las galaxias Seyfert 1, por ejemplo, este continuo es mucho más fuerte que el continuo estelar, mientras que en las Seyfert 2, es más débil, y mucho mayor el reto de separar las contribuciones a diferentes longitudes de onda del continuo de un brote estelar, y otras fuentes de radiación (como un disco de acreción o un jet) del núcleo galáctico. Sobre la importancia de estas contribuciones Dultzin- Hacyan y Ruano (1996) establecen, por ejemplo, que la variación en luminosidad relacionada con radiación de origen estelar/interestelar no excede del 13% para las Seyfert 1, mientras que puede llegar a ser del orden del 46% para las Seyfert 2.

En todos los casos que se listan a continuación, excepto en el de los blazares, un objeto debe poseer líneas de emisión prominentes en su espectro óptico para ser incluido dentro de la familia de los NAGs.

Objetos cuasi-estelares: Se les llamó así, como ya se había mencionado, por su apariencia estelar. Son ópticamente mas luminosos ($-28 < M_v < -23$) que las mas brillantes galaxias elípticas que se hallan en los centros de muchos cúmulos. Su espectro posee líneas anchas permitidas (cuyos anchos equivalen a velocidades de hasta 20 000 km/s), líneas delgadas prohibidas de alta excitación, y un continuo que va desde el radio a los rayos X (continuo Radio-opt-UVX), con un fuerte "exceso" en el ultravioleta e IR. Presentan variabilidad en muchos casos, y estas mismas características mas una luminosidad en el radio comparable a la del óptico caracterizan a los cuasares, aunque esta denominación se use genéricamente para ambos tipos de objetos. Aquellos cuasares que muestran líneas de absorción anchas también muestran polarización, siendo llamados cuasares de alta polarización cuando esta es mayor al 3%.

Galaxias Seyfert: Los núcleos de estas galaxias son ópticamente comparables en luminosidad a las mas brillantes galaxias elípticas. Una Seyfert 1 posee un espectro caracterizado por líneas anchas permitidas (típicamente H I, He I, He II y Fe II), cuyos anchos representan velocidades del orden de 3,000 km/s, líneas delgadas prohibidas de alta excitación, y un fuerte continuo IR-opt-UVX posiblemente no estelar, así como débil emisión en radio. Espectralmente una Seyfert 1 vendria siendo el equivalente de un QSO de baja luminosidad. Las llamadas Seyfert 2 no presentan líneas anchas de emisión, solo líneas delgadas permitidas (H I, He I y He II) y prohibidas de alta ionización, entre las cuales destacan [O III] λ 4959, 5007; [NII] λ 6548,6583; [O I] λ 6300,6364; y [Si II] λ 6716,6731. Los anchos típicos son de alrededor de 350 km/s, aunque su rango va de los 200 a los 700 km/s. Su espectro IR-opt-UVX es mas débil que en el caso de las Seyfert 1.

Una clasificación de tipos intermedios se debe a Osterbrock (1989), quien define a una Seyfert 1.5 como aquella con componentes fuertes anchas y delgadas de sus líneas de emisión permitidas, una Seyfert 1.8 como aquella que posee una componente ancha débil y una delgada fuerte de las líneas permitidas H α y H β , y una Seyfert 1.9 aquella con una componente ancha de H α mas débil y la componente ancha de H β demasiado débil para ser visible. Esta clasificación, apoyada en los modelos de regiones de emisión de líneas anchas y de líneas delgadas claramente diferenciadas, que se mencionarán mas adelante, se conoce como secuencia de Lick.

Morfológicamente, se ha encontrado entre todas las Seyfert suficientemente cercanas como para ser resueltas, que la gran mayoría son espirales, en mayor número cercanas a Sb que a Sa o Sc. Muchas son barradas, y tienen compañeras o galaxias suficientemente cercanas como para estar interactuando gravitacionalmente con ellas. Este punto de las interacciones será tratado con mayor detalle en la sección 1.7.

Radio galaxias: Estas galaxias tienen luminosidades en radio iguales o mayores que su luminosidad en el óptico. Las radio galaxias de líneas anchas (BLRG por Broad Line Radio Galaxies) tienen evidentemente líneas anchas permitidas en su espectro óptico (destacando H I, He I y He II), semejante al de las Seyfert 1, mientras que las radio galaxias de líneas angostas (NLRG por Narrow-Line radio galaxies) sólo muestran líneas delgadas de alta excitación, con anchos que delatan velocidades del orden de 400 a 800 km/s, asemejándose por tanto a las Seyfert 2. Las RGs están también divididas en potentes y débiles, de acuerdo a qué tan "plana" o inclinada sea su distribución espectral de energía, lo cual está dado por el índice espectral (sección 1.4). En estos objetos, la emisión de radio, de origen sincrotrónico, suele estar asociada con dos largos chorros, diametralmente opuestos, que se extienden mucho mas allá de los límites de la galaxia óptica. Prácticamente ninguna de las RGs es una espiral; la mayoría de las NLRGs están mas bien cerca de ser clasificadas como elípticas gigantes de los tipos cD, D o E, mientras que muchas de las BLRGs son mas bien morfológicamente clasificadas como N, por ser practicamente estelares, con una difusa cubierta nebulosa. Este hecho lleva a considerar a astrónomos como Osterbrock (1989) que muy probablemente las diferencias entre Seyfert y RGs, estén basadas mas bien en el medio circundante que en la estructura del propio núcleo, debido precisamente a esta diferencia morfológica y al hecho de que, como es bien sabido, las galaxias espirales contienen mas material interestelar que las elípticas.

Blazares: Se caracterizan por un continuo fuerte, altamente polarizado, rápidamente variable y no estelar, pero las líneas de emisión son débiles o no hay tales. Están divididos en objetos BL Lac (nombrados así por su prototipo, considerado originalmente una estrella variable en la constelación del Lagarto) y en OVVs (Optically Violently Variable quasars), que llegan a mostrar fuertes líneas de emisión cuando el continuo es débil, cosa que sucede en muchos, pero no todos los BL Lac. Los OVVs son significativamente mas brillantes que los BL Lac e incluso, son frecuentemente los objetos mas luminosos a su corrimiento al rojo. El máximo de la luminosidad del continuo suele estar en el IR, y el continuo óptico suele presentar una alta polarización lineal (de hasta un 30%) que varía rapidamente tanto en intensidad como dirección. Recientemente se han detectado en muchos de ellos fuerte emisión en rayos gamma.

LINERS: Es el acrónimo de Low Ionization Nuclear Emission-Line Regions (Regiones Nucleares de Emisión de Líneas de Baja Ionización), y son el principal objeto de estudio del presente trabajo. Constituyen el grupo mas numeroso en la "cola" de baja luminosidad de la familia de los NAGs, y se caracterizan por presentar líneas permitidas y prohibidas delgadas de baja excitación, a veces acompañadas por líneas anchas permitidas muy débiles. Ya que este tipo de núcleos se presentan frecuentemente en espirales tempranas, se les asoció pronto con las galaxias Seyfert, al grado de ser conocidas por algunos como Stepanyan et al (1989) y Lipovetsky et al.(1987), como Seyfert 3, denominación que utiliza este último en su catálogo de galaxias Seyfert, en el que está basado fundamentalmente este trabajo.

La definición estricta de estos objetos (sección 2.1) se da a partir del trabajo de T. Heckman (1980) que les dieron nombre, y aunque según recientes estudios estadísticos de galaxias cercanas como el de Filippenko et al (1995) parecen ser muy numerosos, existen pocos trabajos sobre su naturaleza, en comparación con la gran cantidad de trabajos que se realizan cotidianamente alrededor de galaxias Seyfert y cuasares, a pesar de las aportaciones importantes que ha hecho sobre todo el grupo encabezado por A. Filippenko y Luis C. Ho de la Universidad de California. Esto se debe muy probablemente, a la cantidad de fenómenos que podrían estar involucrados en ellos en diversos grados sin que uno sea el claramente dominante, precisamente por tratarse de la transición entre lo que consideramos galaxias normales o inactivas y las galaxias activas.

Starbursts: Así se denota a los "brotes" de formación estelar. Como existen regiones localizadas de formación estelar en galaxias normales, para los propósitos de este trabajo consideraremos como *galaxias starbursts* aquellas en que hasta el 5% de la masa total de la galaxia - normalmente localizada en el núcleo o bulbo galáctico- es convertida en estrellas en un período corto de tiempo -de 10^7 a 10^8 años- (Larson y Tinsley, 1978). A pesar de esta distinción, hay que resaltar que se conocen ya muchos casos de formación estelar circunuclear en otros NAGs, como por ejemplo las Seyfert (Dultzin-Hacyan, 1995), y de hecho uno de los escenarios generales para NAGs que abordaremos mas adelante y que tiene que ver con la acreción de material al núcleo galáctico para alimentar la fuente de energía central, predice que se den de forma natural estos brotes. Se trata por lo general de fuentes poderosas de IR y UV.

1.3 Regiones de emisión de líneas

Los NAGs han sido modelados durante los últimos lustros, considerando la existencia de dos regiones claramente diferenciadas: una región de emisión de líneas anchas (BLR, por Broad-Line Region) de alta densidad electrónica, en la cual las líneas anchas prohibidas que deberían observarse a la par de las permitidas son desexcitadas colisionalmente, y una región de líneas angostas (NLR, por Narrow-Line Region) de mucho menor densidad electrónica, comparable a la de las nebulosas gaseosas, donde estas líneas prohibidas no se desexcitan colisionalmente. Otra manera de decirlo sería que las líneas anchas son emitidas en una región en que la densidad electrónica es considerablemente mayor a la densidad crítica de éstos niveles, de manera que las líneas que emiten ciertos niveles son debilitadas, en comparación a la intensidad que tendrían respecto a las líneas permitidas a la misma temperatura y nivel de ionización pero en el caso de bajas densidades. Esto también trae como consecuencia que en la primera de estas regiones, la BLR, el rango de velocidades internas debe ser grande, para ser compatible con el ancho de las líneas, mientras en la NLR las velocidades internas serán mucho menores.

Estudios acerca de los perfiles de las líneas de emisión han llevado a concluir que en la NLR el rango de velocidades y la densidad promedio decrecen hacia afuera, y la ionización promedio decrece hacia afuera o permanece constante, mientras que en la BLR el rango de velocidades también parece decrecer hacia afuera y el nivel promedio de ionización permanece constante (Osterbrock, 1993). Estudios recientes (Marziani et al., 1996) que se detallan mas adelante, proponen en contraste, que la estructura de ionización varía con el campo de velocidades. Técnicas de diagnóstico espectroscópicas desarrolladas en el estudio de las nebulosas gaseosas (regiones H II en nuestra galaxia, por ejemplo) ofrecen información sobre el orden de magnitud de valores para las temperaturas y densidades promedio, que son de aproximadamente $T = 10^4$ K, $N_e = 10^4 / \text{cm}^3$ para las NLRs. A partir de estos

datos, se infieren a través de las luminosidades de las líneas de H I, una masa y tamaño promedio de $M = 10^6 M_{\odot}$, $r = 100$ pc. para las NLRs, que han sido resueltas para algunas Seyfert 2, encontrándose que en efecto son de este orden.

Para el caso de las BLRs, los estudios proporcionan números mucho más inciertos, pero una temperatura promedio $T = 10^4$ K y una densidad promedio de alrededor de $n_e = 10^{25} / \text{cm}^3$ parecen valores ampliamente aceptados (Osterbrock, 1992), en espera de que mediciones más precisas de la intensidad de líneas de emisión como [C III] con el telescopio espacial provean información más confiable. De cualquier manera, la emisión de Fe II indica que la temperatura debe ser menor a 35000 K, ya que de lo contrario, éste estaría ionizado colisionalmente en forma de Fe III. El tamaño y la masa de las BLRs, con este orden de parámetros, serían de aproximadamente $r = 0.03$ pc. y $M = 10 M_{\odot}$; números muy pequeños en la escala de la galaxia, por lo que evidentemente estas regiones no pueden ser resueltas con la instrumentación existente. Como podría esperarse, el gas de estas regiones parece estar agrupado en condensaciones o filamentos, por lo que no se considera exista una distribución de densidades remotamente homogénea.

En el caso de las NLRs, la baja temperatura y la ionización observada apoyan el cuadro de que el proceso que provee de energía es fotoionización. El gran rango de ionización, que va de [O I] y [N I] a las líneas de [Ne V] y [Fe VII], muestra que el espectro fotoionizante debe extenderse a altas energías. En el caso de las BLRs, la fotoionización parece también el escenario más favorecido, y permite también hacer predicciones sobre el tamaño de la región. La gran correlación existente entre la variabilidad del continuo y la de las líneas anchas, parece ser la más fuerte evidencia a favor de este cuadro (Korista et al., 1996).

Ya que hasta donde hemos visto los NAG estarían constituidos por una fuente central de continuo, una región de gas denso, una región de gas a menor densidad y en algunos casos una región de plasma relativista (los jets) que produciría la emisión en radio, los modelos más ortodoxos explican esta estructura como el resultado de un balance entre calentamiento por fotoionización y enfriamiento por bremsstrahlung (balance que ocurre sólo para cierto rango de parámetros de ionización y que es afectado por la pendiente del continuo ionizante), aunque existen modelos alternativos que proponen una combinación de fotoionización y choques, o que modelan a la BLR con remanentes de supernovas. De cualquier manera es correcto imaginar a la BLR como gas inmerso en la NLR, que a su vez estará inmersa en el medio interestelar. Estas regiones de emisión serían simplemente lo que conocemos como casos extremos, pero es correcto imaginarnos al NAG como formado por una distribución continua de densidad, con condensaciones y fluctuaciones, más que como un objeto formado por dos entidades físicamente distintas. Desde hace ya cerca de dos décadas, la presencia de jets observados en radio-mapas, cerca del núcleo en el caso de muchas galaxias Seyfert, ha llevado a proponer que la simetría de estas regiones de emisión no es esférica, sino cilíndrica.

En el caso específico de las galaxias Seyfert, se afirma generalmente que las Seyfert 1 contienen una BLR y una NLR, mientras que en las Seyfert 2 sólo aparecería la NLR. Sin embargo, existe una gran controversia, ya que a raíz del descubrimiento de Antonucci y Miller en 1985, de que muchas Seyfert 2 poseerían un espectro de Seyfert 1 "oculto" u oscurecido, muchos han apoyado un modelo unificado en el que todas las Seyfert 2 serían Seyfert 1 oscurecidas. La tesis central que acompaña a estos modelos "unificados" es que la región central conteniendo un agujero negro acretor y una BLR

circunnuclear está rodeada por un toro opaco de polvo, orientado de tal forma respecto al observador que tapanía la presencia de la BLR.

Esta hipótesis se ve reforzada por el descubrimiento de un "cono de polarización", encontrado por primera vez en 1985 por Antonucci y Miller en NGC 1068. Ellos notaron que el espectro de esta galaxia, considerada una Seyfert 2 se observaba como el de una Seyfert 1, con líneas de Fe II y componente ancha de H β en luz planamente polarizada. Esto significaba para ellos que NGC 1068 se vería como una Seyfert 1 en luz natural si se observara cerca de la dirección del eje de su núcleo activo. La interpretación más ortodoxa es que la radiación de la BLR oculta no escapa directamente hacia nosotros por la gran profundidad óptica en la dirección ecuatorial, pero sí consigue hacerlo a lo largo del eje (donde no la estorba el toro opaco) y es después dispersada hacia nosotros tras ser polarizada por electrones libres que están por encima y por debajo de este "oscurecimiento". Osterbrock y Shaw (1988) calcularon a partir de estadísticas de los números de Seyferts 1, 1.5, 1.8, 1.9 y 2 en un campo de sobra estudiado, que éste como subtendería un ángulo de alrededor de 70 grados. Un estudio de 1990 de Miller y Goodrich halló varios ejemplos más entre otras Seyfert 2, encontrando en cada caso que la dirección de polarización de la luz era perpendicular al jet o alguna otra estructura de radiofrecuencia presente. A pesar de que este oscurecimiento podría darse en tal vez una mayoría de las Seyfert (¡pero sólo se ha encontrado en unas cuantas!), pocos se atreven a afirmar que este esquema sea universal, ya que nuevas observaciones vuelven a establecer claras distinciones entre Seyfert 1 y 2; por ejemplo, que en luz polarizada muchas Seyfert 2 no muestran las líneas anchas de H I que sí muestra NGC 1068 y que son consideradas la firma que delata una BLR oculta; que el contenido de CO, que es independiente de la orientación, es distinto entre ambos tipos; y que parece también haber una diferencia significativa en la abundancia de gas molecular, que suele ser mayor en las Seyfert 2 que en las 1. Hay también casos en que una BLR no ha sido encontrada en luz polarizada (Miller y Goodrich 1990), y casos en que una Seyfert 1 cambia a 2 y viceversa en cuestión de meses (Iijima y Rafanelli, 1992). Sin negar que existen casos de ocultamiento, Dultzin-Hacyan (1995) propone un esquema alternativo en que la radiación debida a acreción hacia un agujero negro supermasivo decrece, mientras que la contribución relativa de un brote de formación estelar circunnuclear crece, entre los tipos 1 y 2 de Seyfert.

Existe en un plano mas general un escenario unificado propuesto recientemente por Woltjer (1991) que se aplica a la familia completa de los núcleos activos radio- fuertes. En él, los BL Lac y OVV's serían el resultado de ver la "dona", el disco de acreción y uno de los jets de frente, de manera que podemos ver su centro descubierto. El continuo será muy fuerte por efectos relativistas y las líneas serán lógicamente muy débiles ya que estamos viendo el núcleo desnudo. Vistas las fuentes a un ángulo grande con respecto al toro de polvo, pero todavía dentro del ángulo *abierto* (no oscurecido), se observará un cuasar radio-emisor. Desde ángulos de visión cercanos al plano del toro, el núcleo es oscurecido, pero parte de la BLR todavía es visible, lo cual da como resultado que veamos una radio galaxia de líneas anchas. Más cerca del plano, casi de canto, veremos una radio galaxia de líneas delgadas. Como en todos los casos un espectro de emisión de líneas delgadas es observado, el toro debe encontrarse dentro de la región de emisión de estas líneas, permitiendo que sean detectadas independientemente del ángulo de observación. La diferencia entre objetos radio- potentes y radio-tenues sigue siendo objeto de gran controversia: nuevas investigaciones (por ejemplo, Sulentic et al., 1995) sugieren que podrían ser físicamente muy distintos, ya que pueden generarse modelos que no se ajustan en absoluto a su contraparte.

1.4 Características del espectro.

La mas notable característica del continuo de los NAGs es que la energía radiada se extiende por todas las frecuencias y es extraordinariamente uniforme del IR a los rayos X (γ , en el caso de los blazares, rayos γ). La distribución espectral de energía es representada usualmente por una ley de potencias, esto es:

$$F(\nu) = \nu^{-\alpha}$$

donde α es el llamado índice espectral. Aunque dice Osterbrock (1992) que los modelos de ley de potencias donde α es aproximadamente 1 ofrecen una buena primera aproximación, mediciones en rayos X de muchos NAGs indican que una ley de potencias "quebrada" con el índice espectral disminuyendo a aproximadamente 0.7 alrededor de 2 keV, reproducen y se ajustan mejor a los espectros observados. También ha sido sugerido que gaussianas logarítmicas proporcionan un mejor ajuste a los datos multifrecuencias (Perry, Ward & Jones, 1987). Por otro lado, la ley de potencias favorece a la fotoionización como mecanismo a través del cual se alimenta de energía al NAG. A reserva de extendernos en ello mas adelante, baste decir que los otros mecanismos conocidos, como el calentamiento por ondas de choque o calentamiento colisional, que ocurre en remanentes de supernova (uno de los posibles escenarios), trae como resultado ionización colisional y una relación directa entre temperatura y grado de ionización, que se viola en el caso de los NAGs. De la misma manera, si la fuente de energía fueran estrellas calientes (OB o estrellas de nebulosa planetaria), la radiación de estas estrellas no produciría el amplio rango de ionización observado en las NLRGs y Seyfert 2. Se requiere por tanto, de un espectro mucho mas duro, uno que se extienda mas alla en el ultravioleta que el producido por estrellas centrales de nebulosa planetaria.. A diferencia de la radiación producida en esos casos, una ley de potencias puede reproducir bien tanto el continuo observado, como producir líneas razonablemente fuertes de [O I], [S II], [Ne V] y [Fe VII].

Una de las características mas prominentes del continuo óptico/UV es el llamado *big blue bump* (gran joroba azul), que generalmente es atribuido a emisión térmica de un disco de acreción, aunque naturalmente existen explicaciones alternativas (especialmente considerando que no todos los NAGs la presentan) que incluyen, por ejemplo, la de estrellas jóvenes masivas mas remanentes compactos de supernovas, debida a Terlevich (1985). El problema principal para modelar el continuo es que para derivar densidades, temperaturas y demás características, líneas de emisión de diferentes iones deben ser medidas simultáneamente. Como ésto no suele ser posible, se recurre a los llamados espectros "compuestos", para los cuales se supone que hay una continuidad entre objetos de diferentes z y luminosidades absolutas, con lo cual diferencias sistemáticas entre estos diferentes objetos se vuelven difíciles de detectar, y por tanto, no se hallan resultados sobre la posible evolución espectral de estos objetos.

El espectro de líneas de emisión está constituido claramente por dos componentes, que se asume son excitadas a través de fotoionización del continuo subyacente. Las líneas de baja ionización agrupan básicamente a las líneas de la serie de Balmer y las líneas de especies ionizadas una sola vez (C II, S II, Fe II, etc), mientras que las de alta ionización incluyen por lo general a Ly- α y las especies múltiplemente ionizadas (C IV, N V, OVI, etc.). El hecho de que las líneas de alta ionización se hallan sistemáticamente corridas hacia el azul con respecto a las de baja ionización, suele interpretarse considerando que las primeras provienen de un gas con una componente de movimiento radial hacia

adentro o hacia afuera, y hay algun material oscureciendo la emisión corrida al rojo (Marziani et al, 1996). Las líneas varían, aparentemente en respuesta a las variaciones del continuo ionizante, en escalas de tiempo que van de días en el caso de objetos de baja luminosidad a varios años en el caso de QSOs. Las líneas de baja ionización, emitidas a distancias del orden de mil veces mas lejanas del núcleo que las de alta ionización, permiten por tanto mapear las regiones externas del centro galáctico.

Sobre la cinemática de las regiones de emisión de estas líneas, algunos resultados importantes empiezan a dar de qué hablar: Una primera comparación directa de líneas de baja y alta ionización en 43 cuasares cercanos, debida a Sulentic y colegas (1995) encuentra que los objetos con una línea H β (línea prototípica de baja ionización) extremadamente corrida al rojo son radio fuertes, mientras aquellos con una línea de C IV (prototípica de alta ionización) muy corrida hacia el azul son radio débiles, lo cual sugiere cinemáticas completamente diferentes para las líneas de alta y baja ionización, y mas llamativamente, diferentes estructuras para los objetos radio fuertes y radio débiles. Un analisis mas amplio en 52 NAG incluyendo mas líneas (Marziani et al, 1996) corroboró estas conclusiones al hallar que en esta muestra: i) la estructura de ionización varia con el campo de velocidades, ii) los objetos radio fuertes muestran predominantemente una H β asimétrica y corrida al rojo respecto a las líneas anchas de [O III] y una línea de C IV simétrica y sin corrimiento, y iii) los objetos radio débiles, por el contrario, muestran un perfil de la C IV asimétrico y corrido al azul, mientras que el de H β es simétrico y sin corrimiento. De ello se vuelve a desprender que las líneas de alta y baja ionización se emiten en regimenes de velocidad y geométricos diferentes, y que hay una diferencia fundamental en la cinemática de objetos radio fuertes y radio débiles.

Precisamente la estructura de la emisión en radio es esencial en la explicación del fenómeno de la actividad nuclear. De entrada una de las grandes ventajas de la observación de objetos que son fuertes emisores en radio, es el hecho de que aunque estos no son muy numerosos (apenas constituyen alrededor del 10% de los NAGs), la resolución espacial que podemos obtener de ellos sobrepasa con mucho la que puede obtenerse en otras regiones espectrales. Hasta el momento no ha quedado claro si la diferencia en las características espectrales de emisores fuertes y radio-tenues se deba simplemente a la estructura de la galaxia huésped, o si los procesos que crean esta estructura de la galaxia huésped, influncian a su vez la actividad nuclear.

La actividad en radio se manifiesta en dos escalas físicas de magnitudes radicalmente diferentes: núcleos compactos que tienden a ser variables y tener espectros planos (algunos incluso con índices espectrales $\alpha = 0$), y estructuras extendidas conocidas como jets, generalmente dobles, que pueden abarcar de 3 kpc a 5 Mpc, suelen ser ópticamente delgados y tener un espectro inclinado ($\alpha = 0.5 - 1$). Estas estructuras extendidas suelen presentar "manchas calientes", regiones de intensa emisión en radio. El tiempo de vida de los electrones relativistas responsables de la radio emisión es pequeño comparado con el tiempo de viaje desde el núcleo, por lo que se supone que existe una aceleración propia en los lóbulos. La mas probable fuente de la energía requerida parece ser una eyección del núcleo.

La presencia de jets tiene por supuesto fuertes implicaciones en el modelo de la fuente central. El hecho de que las radio fuentes tengan la capacidad de recordar por periodos largos de tiempo (que implican escalas grandes en las dimensiones de los jets) la dirección de eyección de plasma, manifestándose en burbujas o manchas espacialmente separadas y en la alineación de jets de todas las escalas en muchas fuentes, favorecen la necesidad de un giróscopo central. El hecho de que es difícil

construir un modelo de giróscopo que no envuelva el momento angular de un cuerpo coherente único (como un agujero negro) es tomado como la mas fuerte carta a favor de un objeto central supermasivo, ya que los jets serán muy difíciles de explicar en el marco de los otros modelos.

Las galaxias activas emiten fuertemente en rayos X. Nuevamente es una ley de potencias la mejor representación para esta parte del espectro, siendo $\alpha = 0.7$ el índice espectral que suele ajustarse mejor a los datos observacionales. Parece probable que la fuente principal de este continuo sea una población de partículas no-térmicas, que radian a traves de procesos Compton y sincrotrónicos. Hasta muy recientemente no se disponía de observaciones de buena resolución espectral, por lo que muchos modelos y detalles sobre la producción de este continuo apenas están siendo desarrollados. Sin embargo, las primeras interpretaciones de estas observaciones tienden a suponer que los rayos X son emitidos muy cerca del supuesto agujero negro central. Los rayos X duros parecen encontrarse al menos a 10 días-luz de distancia de la fuente central, y ser emitidos frente a una región reflectora fría. Una gran fracción de esta emisión dura parece haber sido reprocesada a través de dispersión Compton por un medio frío o caliente, que produce algunas líneas por fluorescencia. En muchos objetos, el espectro de rayos X parece endurecerse al disminuir el flujo, lo cual se supone se debe al tiempo que toma a la reflexión Compton para responder a la fuente central de continuo. A bajas energías, se observa un pequeño exceso en el continuo de rayos X, que es interpretado como la cola de la *gran jobra azul*.

1.5 La fuente de energía.

Recapitulando un poco, las observaciones de los NAGs que deberán ser explicadas por cualquier modelo físico de las regiones nucleares serán: la gran cantidad de energía generada que se traduce en altas luminosidades (energías que van de 10^{43} erg/s en los LINERS, a 10^{48-49} erg/s en los QSOs mas brillantes); la existencia de gas que produce líneas de emisión anchas, su abundancia, cinemática y grado de excitación, incluyendo las diferencias entre la emisión de alta y baja ionización; las líneas de absorción encontradas en un 3- 10 % de los QSOs; y la rápida variabilidad del espectro continuo y de líneas. Además está el hecho, en el que se abunda mas adelante, de que todas estas propiedades se encuentran principalmente en los núcleos de galaxias perturbadas que parecen mostrar señales de interacciones recientes - lo cual sugiere incorporar en los modelos traslado de gas al núcleo, o formación estelar nuclear provocada por este gas.

Las principales líneas de emisión encontradas en la mayor parte de los NAGs, son generalmente la fuente mas rica de información acerca de las regiones en que son emitidas. A través de ellas, se determinó el corrimiento al rojo, y en consecuencia, suponiendo la interpretación cosmológica de éste, la distancia a las fuentes, lo cual a su vez permite conocer a partir de su magnitud aparente su magnitud absoluta. El estudio de NAGs, especialmente QSOs a altos corrimientos, nos permitirá entonces estudiar la evolución en estructura del Universo, ya que los hasta ahora poco mas de 20 QSOs conocidos con $z > 4$, nos permiten ver hacia atrás poco mas del 75% en la edad del universo. Pese a muchas observaciones que favorecen la interpretación cosmológica del corrimiento, hay aún varios grupos de científicos que cuestionan esta interpretación, a partir de observaciones que aparentemente asocian a algunos de estos objetos con galaxias cercanas (siendo un trabajo reciente el de Burbidge et al., 1990), observaciones que parecen circunstanciales a quienes apoyan la primera interpretación.

Las magnitudes aparentes de NAGs, corregidas para distancias y suponiendo emisión isotrópica, han llevado a establecer luminosidades para ellos $> 10^{42} - 10^{48}$ erg / s, que se infiere provienen en todos los casos de regiones menores a 1/ 1000 del radio de la galaxia. Las variaciones a escalas de tiempo cortas en el continuo, son en definitiva la manera mas confiable de encontrar un límite superior al tamaño de estas regiones: una fuente coherente no puede ser mayor a $c\tau$, donde τ es la escala de tiempo de la variación, que, por ejemplo, llega a ser del orden de horas para los flujos de rayos X en objetos de baja luminosidad. Es naturalmente el hecho de encontrarnos con pequeños volúmenes de los cuales sale una cantidad prodigiosa de energía, lo que favoreció desde un principio el escenario de que esta energía proviene de la acreción de un agujero negro supermasivo.

El hecho de que los NAGs emitan un continuo no-térmico sugiere que éstos no están ni remotamente en equilibrio térmico si la emisión se debe a un objeto único. Los modelos actuales de procesos radiativos que pueden dar lugar al continuo sugieren muchos fenómenos involucrados en la producción del espectro observado: creación y aniquilación de pares, radiación sincrotrónica y dispersión Compton, re-radiación del polvo, emisión térmica de un disco de acreción, choques, y, tal vez estrellas jóvenes y supernovas.

De entrada, la luminosidad de un NAG típico, del orden de $10^{12} L_{\odot}$ (luminosidades solares) , es demasiado grande como para que la fuente sea una sola estrella. Las estrellas mas masivas son del orden de 100 M_{\odot} , y tienen luminosidades del orden de $10^5 L_{\odot}$. En estos casos, la presión de radiación domina sobre la presión del gas, y como resultado están cerca del límite de inestabilidad. Estrellas mas masivas, produciendo energía por reacciones termonucleares no pueden existir: cualquier objeto simétricamente esférico sostenido por la gravedad contra la presión de radiación debe satisfacer el límite de Eddington:

$$L < L_E = 1.26 * 10^{38} M / M_{\odot} .$$

Una fuente central de un NAG de $10^{12} L_E$ deberá tener, por tanto, una masa $M > 3 * 10^7 M_{\odot}$. Y por los argumentos que ya habíamos mencionado sobre la variabilidad del espectro, sabemos que la fuente central de continuo debe estar confinada a un espacio del orden de una semana-luz (según el límite por la variabilidad en el óptico) o incluso un día luz (según rayos X). Naturalmente este límite no debe aplicarse para geometrías mas complicadas, y la presencia de jets ya nos había sugerido una simetría cilíndrica. Tampoco funciona cuando el objeto no está en equilibrio, por lo que en casos como una supernova el límite puede ser sobrepasado. Pero de cualquier manera queda claro que difícilmente reacciones termonucleares podrán ser responsables de suplir estas energías.

Una de las primeras explicaciones propuestas al ser descubiertos los cuasares fue que estos fueran condensaciones muy densas de estrellas en los núcleos, que pudieran chocar entre sí y liberar estas grandes cantidades de energía. Al no quedar en claro como estos choques producirían tales energías, se propuso que tal vez éstos podrían dar lugar a estrellas supermasivas de evolución rápida que explotarian como supernovas, dando lugar a radiación sincrotrónica y partículas relativistas. Pero esta explicación tampoco satisficiera del todo la existencia de direcciones privilegiadas de eyección de material. De aqui se brincó a otros planteamientos que involucraban superestrellas o superpulsares. Pero si todas estas alternativas no parecían convincentes, la idea de que la liberación de energía gravitacional podría ser la principal fuente de energía de los NAGs cobró fuerza después de que los astrónomos soviéticos Zeldovich y Novikov, y el astrónomo norteamericano Salpeter, formularan

independientemente en 1964 la teoría de que un agujero negro supermasivo central podía ser el responsable, y de que años más tarde se descubriera una poderosa fuente de rayos X llamada Cygnus X-1, que resultó ser un sistema binario en que se observaba una estrella dando vueltas alrededor de un objeto invisible.

Desde entonces, para la mayoría de los astrofísicos pensar en un disco de acreción girando alrededor de un agujero negro central parece ser el escenario más prometedor, ya que esto permitiría generar una gran cantidad de energía por fricción en la parte externa del disco (de donde saldría alrededor del 50% de la energía del núcleo activo, incluyendo fotones ionizantes y los rayos X) que daría lugar a un continuo térmico pero no estelar, además de la liberación de energía gravitacional en el borde interior del disco. En esta situación la energía de la masa en reposo del material que cae hacia el horizonte de eventos sería convertida en radiación con mayor eficiencia (10% según la métrica de Schwarzschild y hasta 40% según la de Kerr) que en ningún otro proceso físico conocido exceptuando aniquilación de materia con antimateria. La luminosidad derivada de ello puede escribirse como

$$L = \eta M \dot{r} c^2$$

donde $M \dot{r}$ representa la tasa de acreción, y η la eficiencia del proceso. Para una efectividad del 10%, por ejemplo, para producir un NAG de $10 \exp(12) L_{\odot}$ bastaría una tasa de acreción de $M \dot{r} = 0.7 M_{\odot} / \text{año}$.

Los modelos más simples de disco de acreción plantean un disco delgado, que es ópticamente grueso a cualquier radio, y emite un continuo con espectro

$$L(\nu) = C \nu^{1.3}$$

con una "cola" exponencial a altas energías correspondiente a una planckiana de $T = 10^5$ a 10^6 K, para tasas de acreción y masas típicas del orden de 10^8 a $10^9 M_{\odot}$. Sin embargo este modelo ha demostrado ser una sobresimplificación, especialmente por no ajustarse en la región de rayos X. Esto puede deberse a que plasma relativista está siendo continuamente generado, cerca del hoyo negro, en conexión con campos electromagnéticos y la rotación del disco. Las estructuras de plasma en forma de jets parecen estar sobre el eje de rotación del disco de acreción (que no siempre coincide con el eje de rotación de la galaxia huésped), e indudablemente la generación de fotones de alta energía está asociada a la de este plasma relativista y sus propiedades.

En estos modelos de disco delgado, la temperatura crece hacia adentro siguiendo una ley de potencias, y el espectro calculado se ajusta un poco mejor en el óptico y el UV que un modelo de cuerpo negro. Sin embargo estos modelos predicen una fuerte discontinuidad en emisión o absorción en el límite de Lyman que no ha sido observada. Estos modelos, a pesar de sus fallas, proveen algunos cálculos preliminares, según los cuales las masas de los agujeros negros en las Seyfert 1 serían del orden de $10^{7.5-8.5} M_{\odot}$ y en los QSOs del orden de $10^{8-9.5} M_{\odot}$. Si otra vez η es la eficiencia de conversión de masa en energía, la escala de tiempo para que el hoyo negro incremente su masa por un factor e será

$$\tau = 4 * 10^7 (\eta / 0.1) \text{ años}$$

en el caso de un QSO, mientras que para el de una Seyfert 1 (radiando a $0.1 L_E$) será diez veces mayor. Esto sugiere que los periodos de vida activa de una galaxia pueden ser muy cortos, y que por tanto pasarán gran parte de su vida como galaxias normales. Yendo mas allá, incluso sugiere que en muchas de las espirales normales podríamos hallar agujeros negros inactivos que han agotado todo su combustible, esto es, el gas y polvo con suficientemente bajo momento angular como para ser acretado hacia el agujero negro. Sobre el material disponible para la acreción, se manejan usualmente dos hipótesis: que el agujero negro sólo se alimente del gas presente en el núcleo de la galaxia hasta agotarlo, ó que el gas de regiones externas pueda ser canalizado hacia el núcleo a través de interacciones u otros procesos (la presencia de una barra, por ejemplo).

Pero volviendo a los modelos de disco delgado, los intentos que se han hecho para esclarecer la naturaleza de la emisión en rayos X, se han quedado lejos de predecir un espectro tan "duro" como el observado, al considerar que esta emisión se produce en la cara mas interna del disco de acreción. Sin embargo en las observaciones de variabilidad en el continuo, estudios aún muy preliminares han hallado en algunos casos que ésta está correlacionada (con retraso temporal) entre distintas frecuencias, lo cual llevaría a proponer que sólo las perturbaciones que se propaguen a la velocidad de la luz pueden explicar este comportamiento, y por tanto que esta variabilidad no se debe a inestabilidades. Este resultado ha sido interpretado en términos de un modelo de disco, donde éste no es calentado por disipación de energía cinética en un disco delgado, sino por absorción de radiación ultravioleta y de rayos X emitidos sobre el eje y cerca de los jets. Uno de los modelos mas ajustados a las observaciones se debe a Collin-Souffrin (1991,1992) y propone además de jets, un disco caliente grueso, sostenido por presión de radiación, probablemente inestable, que se extendería hasta un radio de 100 veces el radio de Schwarzschild, y donde la mayor parte de los rayos X serian emitidos. Algunos de estos fotones llegarían hasta un disco delgado, estable y soportado por presión del gas, que se extendería hacia afuera hasta un radio de 100, 000 R_s , mientras que otros serian dispersados por el medio caliente diluido circundante otra vez hacia este disco grueso. La parte interna de esta región (hasta un radio de 1000 R_s) sería la responsable del continuo ultravioleta, como en los modelos de disco delgado. Afuera se halla la BLR, que se extendería desde 1000 hasta 10^6 R_s . Un viento procedente del disco se encargaría de producir las líneas de alta ionización, mientras que las líneas de baja excitación se producirían en las regiones mas externas parcialmente ionizadas de las partes superior e inferior del disco, fotoionizadas por los fotones de rayos X duros. Este modelo predice a su vez una muy débil discontinuidad de Lyman, ya que la región en que se produce estaría calentada desde dentro por fricción, y desde fuera por radiación ionizante.

Al margen de que un agujero negro central parezca la hipótesis mas plausible para la fuente principal de energía, es poco realista hoy en día limitar a ello el modelo de la fuente central. Existe en realidad la tendencia lógica, dentro de un escenario que contemple interacciones, traslado de material al núcleo, y formación estelar circumnuclear, de probar con modelos mixtos que involucren agujeros negros y vigorosos brotes estelares, aunque también por supuesto se puede modelar únicamente con brotes estelares y dejando de lado por completo los agujeros negros, ya que para algunos de los que sostienen estos modelos no existe aún evidencia clara e irrefutable sobre la existencia de éstos, mas allá del plano teórico.

Los primeros modelos en que la actividad nuclear se asoció con brotes estelares surgieron de hecho antes de que se hablara de agujeros negros y discos de acreción, y se debieron a Shklovskii y Field en 1960 y 1964. Su tesis principal era que en el primer billón de años en la evolución galáctica, cuando la

densidad de los gases era alta y gran parte de la nucleosíntesis estaba en proceso, la tasa de supernovas era dos órdenes de magnitud mayor que en la época presente. En este cuadro, una nube de gas de gran momento angular colapsándose para formar una galaxia formaría un núcleo denso que evolucionaría hacia un cúmulo estelar con masas del orden de 100 M_{\odot} . Colgate (1967) propuso que los QSOs serían la fase final de un proceso en el que el cúmulo de estrellas formaría estrellas supermasivas que se convertirían rápidamente en supernovas. Larson remarcó que al evolucionar estos sistemas, gas residual se condensaría en el centro, y por tanto la formación estelar ahí continuaría tiempo después de que hubiera cesado en el halo. En este esquema, las altas luminosidades bolométricas son explicadas por la alta tasa de formación de supernovas (SN), cuyos electrones energéticos explicarían la radio emisión. El interés entonces se movió hacia los trabajos de Lynden-Bell, y fue hasta 1982 cuando Dyson y Perry (1982) sugirieron que un cúmulo estelar joven rodeando a un agujero negro supermasivo podía explicar el origen de las nubes de emisión de líneas anchas. Ellos recurrían a las ondas de choque resultantes de una explosión de SN en un medio de alta densidad de gas y fotones para explicar estas nubes. Estas nubes serían fotoionizadas por la fuente central de continuo, respondiendo a su variaciones y entonces la BLR sería producida gracias a la alimentación de esta fuente por la pérdida de masa del cúmulo estelar.

Desde 1985, Terlevich y colegas han explorado el escenario de brote estelar sin agujeros negros (Terlevich y Melnick, 1985; Terlevich et al., 1995). En este panorama, la actividad nuclear es el resultado de la evolución de un cúmulo joven supermasivo en el medio denso y de alta abundancia en metales de la región nuclear de galaxias tempranas. Este sería parte del proceso natural de formación del esferoide de cualquier galaxia normal. Este cúmulo pasaría de ser una región HII normal a tener la apariencia de una Seyfert 2 gracias a los hipotéticos *warmers*, estrellas de núcleo desnudo que han salido de la secuencia principal con una temperatura aproximada de 10^5 K. El continuo no estelar UVX saca su energía de la energía cinética de las explosiones de SN, que sería termalizada y reradiada al chocar el remanente contra el material denso circumestelar lanzado por las estrellas progenitoras ricas en metales. En este panorama, la variabilidad en el continuo se debería a inestabilidades en los procesos de enfriamiento en las remanentes en expansión. La correlación entre variabilidad en el continuo y las líneas se debería a la proximidad del cascarón emisor de líneas a la fuente de continuo. Estos modelos necesitarían de una tasa de SN de 300/año para una luminosidad bolométrica de 10^{48} erg/s en un cúmulo de 10^{12} M_{\odot} . Es importante señalar que en este caso, las luminosidades provienen de regiones espacialmente extendidas, y que el volumen emisor deberá ser mayor para NAGs mas luminosos, por lo que la resolución espacial de los núcleos en los NAGs mas luminosos, bastaría para probar o descartar estos modelos. De cualquier manera, parecen tener mas futuro aquellos esquemas mixtos que incorporen estas propuestas dentro de los modelos de agujero negro central, mientras la tecnología no sea capaz de echar luz de manera directa sobre el tamaño de las regiones, que de momento sólo puede ser estimado con argumentos que hacen uso de la variabilidad. Sobre estos modelos mixtos y la discutida conexión entre NAGs y brotes estelares, se abundará en apartados posteriores.

1.6 El escenario mas completo.

A finales de los años 70, trabajos debidos a Vorontsov- Velyaminov y Adams (1977) señalaron por primera vez que muchas galaxias Seyfert parecían estar morfológicamente perturbadas; estudios apenas posteriores anotaron que además muchas de ellas tenían compañeras o presentaban barras, ambos fenómenos considerados evidencia de que estas galaxias están sometidas a campos gravitacionales que

no eran cilíndricamente simétricos. Simkin y colaboradores (1980) publicaron estudios dinámicos teóricos en los que mostraban que bajo estas condiciones parte del gas de la galaxia debería tender a perder suficientemente momento angular como para caer hacia el núcleo y convertirse así en combustible potencial para el núcleo activo.

Estudios estadísticos subsiguientes, con muestras más grandes, concluyeron que tiende a haber un exceso de espirales barradas tempranas entre las galaxias espirales con compañeras y viceversa. Tres estudios recientes encontraron además que hay un exceso de Seyferts entre galaxias que tienen compañeras o vecinas, y que hay un exceso de galaxias con compañeras cercanas entre las Seyfert (ver tesis de licenciatura de I. Fuentes y Y. Krongold, 1997). Hay además muchos ejemplos de efectos que parecen deberse a interacciones gravitacionales en los trabajos mencionados de Adams, Vorontsov y Simkin. El hecho de que junto a los NAGs, las galaxias denominadas *starburst* (con brotes estelares) también tiendan a tener más compañeras y a mostrar efectos de su interacción con ellas, que las galaxias de campo normales, acentúa las relaciones entre estos tipos de galaxias (sección 1.7), aunque también ayuda a establecer distinciones: está por ejemplo el hecho de que los NAGs tienden a estar albergados en galaxias de tipo intermedio, mientras los núcleos con brotes estelares se encuentran más frecuentemente entre las espirales de tipo tardío (Keel, 1983; Pogge, 1988).

El escenario físico que trata de conjuntar estas observaciones es precisamente el que toma la idea de que muchas galaxias poseen un agujero negro inactivo en el núcleo, y pasan por períodos de actividad iniciados cuando una interacción envía gas con momento angular prácticamente cero hacia el centro. Sin esta interacción que permita el intercambio de momento angular, un NAG originalmente inactivo, que ha usado todo el gas que estaba suficientemente cerca para ser acretao hacia el agujero negro en un episodio de actividad anterior, no será reactivado. La escala de tiempo que le tomaría a un NAG para decaer sería del orden de 10^8 años, comparable a la escala dinámica de la galaxia. Este envío de gas hacia el núcleo se verá probablemente acompañado por formación estelar, para la cual basta que el gas se acerque a una distancia del orden de 100 pc. del núcleo (mientras que la *actividad nuclear* se da apenas a una fracción de pc.). Osterbrock por su cuenta resalta que seguramente los episodios más violentos no llevarán el gas lo suficientemente cerca al núcleo como para reactivarlo, ya que el tiempo que le llevaría sería lo suficientemente largo como para que los efectos intermedios de marea amortigüen el acarreo hacia el núcleo, y por tanto el estado de NAG no sea alcanzado en esos casos.

Estos procesos de reactivación de un NAG en galaxias que catalogamos como normales, han llevado lógicamente a plantear un cuadro evolutivo. Aún limitados por la capacidad de resolución de nuestros instrumentos existen estudios que incluso se aventuran a decir que *todas* las galaxias Seyfert están involucradas en procesos de interacción, y si esto no es observado en todos los casos, se debe a que sus compañeras o bien pueden ser muy débiles, o pueden haberse alejado lo suficiente después de la interacción como para quedar fuera de los parámetros en que la reconocemos como tal. A esto hay que sumarle los múltiples modelos que tratan de explicar cómo inestabilidades gravitacionales debidas por ejemplo a formación estelar y otras inestabilidades no axisimétricas (en las que también pueden influir las barras) pueden ayudar a confinar el material y a reducir su momento angular en la medida necesaria como para caer en la región de alrededor de 1 pc. que lo involucraría en la alimentación del núcleo. Otro hecho significativo es que sólo una muy pequeña fracción de las Seyfert se encuentra en las regiones centrales de cúmulos densos, donde las grandes velocidades relativas entre galaxias tienden a reducir la fuerza y los tiempos de las interacciones.

Cada episodio de interacción que involucre un NAG incrementará la masa de su agujero negro, y por tanto su luminosidad de Eddington. El cuadro evolutivo para galaxias espirales (Osterbrock, 1993) plantea que durante estos episodios de reactivación el NAG aparecería primero como una galaxia infrarroja ultraluminosa (muchas de las cuales se han observado, y que son consideradas como el origen o cuna de un NAG) con un espectro de Seyfert 2 (que es encontrado en estos objetos). Al despejarse de polvo el núcleo por la acción de grandes vientos, el NAG evolucionará hacia una Seyfert 1 o Seyfert 2 (si creemos en el modelo unificado, dependerá del ángulo de observación y de la cantidad de polvo sobrante). Al empezar a agotarse el combustible, se convertirá en una Seyfert 2 de baja luminosidad, después en un LINER cuando la tasa de acreción se acerque a cero, para convertirse finalmente en una espiral normal. Según la intensidad de las interacciones, un NAG podría seguir simplemente el camino Seyfert 1-Seyfert 2- LINER o el camino Seyfert 2- LINER sin alcanzar el estado de Seyfert 1. En todos los casos, el sistema interaccionando aparecería primeramente como un *starburst*, sin que ello signifique que todos éstos evolucionen necesariamente hacia un NAG. Las galaxias infrarrojas ultraluminosas sólo aparecerían en el primer camino evolutivo, cuando el polvo es muy abundante. Algunos estudios preliminares debidos a Whittle (1992), Dahari y De Robertis (1988) y Osterbrock (1993) sobre el grado de perturbación o interacción vs. los diferentes tipos de Seyfert parecen ajustarse bien a estas ideas evolutivas, aunque es previsible que esquemas mas refinados aparecerán. El caso de los NAG en galaxias elípticas (radiogalaxias y objetos BL Lac) es mas controversial; Schweizer (1990) como veremos en la siguiente sección, ha considerado la posibilidad de que las elípticas sean el producto de *mergers* (fusiones) de espirales.

1.7 La conexión brotes- interacciones- NAGs.

1.7.1 Interacciones y formación estelar global:

El punto de partida de muchísimas investigaciones acerca de las interacciones y su papel en la formación estelar en galaxias fue el trabajo de Larson y Tinsley en 1978, quienes encontraron que las galaxias interactivas poseen una dispersión inusualmente grande en sus colores UBV, lo cual atribuyeron a brotes globales de formación estelar que pudieron ajustar mediante modelos de evolución del color para encontrar por primera vez estimaciones sobre la amplitud y tiempos de vida de estos brotes. Desde entonces, el principal objetivo ha sido determinar cómo las interacciones afectan las tasas de formación estelar en las galaxias, si la formación en estos brotes difiere en alguna característica física de la formación normal y estacionaria que se da normalmente en las galaxias, y si este sería un mecanismo dominante en la formación estelar en ésta u otras épocas.

Tras el famoso artículo de Larson y Tinsley, otros estudios confirmaron que los pares cercanos se caracterizaban por una gran dispersión en sus colores, y que de hecho los brotes mas activos están asociados con colores extremadamente azules (éstos derivados a su vez de la luz de estrellas jóvenes). También se halló que formaciones como puentes, colas y "plumas" que tienen su origen en interacciones son sistemáticamente mas azules que las galaxias asociadas a ellas, y que sus colores delatan que formación estelar, y no baja metalicidad, es la responsable de esta diferencia (Schombert et al, 1990).

Un brote estelar o *starburst* puede caracterizarse observacionalmente, además de por sus colores, por su brillante emisión en el lejano y cercano IR, por un continuo que sube hacia el azul, característico de

estrellas O y B, y por líneas de emisión como las de Balmer y Brackett del hidrógeno, Ly- α , He I y II, las bandas de TiO y el triplete de Ca II. Evidencia indirecta viene del efecto de las estrellas jóvenes en el medio interestelar, principalmente la existencia de una gran re-emisión en el IR por el polvo calentado por éstas, líneas de recombinación del hidrógeno en radio e IR, supervientos galácticos y remanentes de supernovas.

La luminosidad de una línea de recombinación del hidrógeno como H α es uno de los mejores indicadores cuantitativos para rastrear tasas de formación estelar (SFR, del inglés: Star Formation Rate) de estrellas masivas ($> 10 M_{\odot}$) y, junto con la información de colores puede encontrarse una estimación de la SFR integrada sobre todas las masas estelares. La SFR en galaxias aisladas está fuertemente relacionada con el tipo de Hubble y el contenido de gas de la galaxia. En todos los casos, el ancho equivalente integrado de la línea de emisión de H α provee una medida de la SFR normalizada sobre la luminosidad total del continuo. En el caso de las galaxias en interacción, la SFR es virtualmente independiente del tipo morfológico o contenido de gas, o sea que realmente está desacoplada de las propiedades del sistema previas al encuentro. Aparentemente las interacciones no amplifican un nivel pre-existente de formación estelar, sino que inducen un brote por mecanismos enteramente diferentes a los que regulan la formación estacionaria en discos galácticos. Una de las mas claras evidencias de la forma en que la interacción influencia la tasa global de formación estelar es el "efecto Holmberg", la tendencia de los miembros individuales del par a exhibir colores integrados similares. En muchos casos la causa dominante es brotes simultáneos en las dos galaxias (Madore, 1986), lo cual es especialmente cierto para los pares mas azules (B-V <0.5), porque estos colores sólo pueden producirse en brotes de vida corta (Searle et al. 1973).

Usando diversos criterios para seleccionar sus muestras Dostal (1982), Bushouse (1987) y Kennicutt (1987) encontraron tasas de formación anormalmente altas en diferentes muestras de pares de galaxias interactuando. La comparación con tasas existentes en galaxias aisladas sugirió una respuesta no lineal de la SFR a la estimulación dinámica en estos sistemas. El incremento, incluso en los sistemas mas perturbados, no llega a ser mayor en un factor de 2 que en los casos aislados. Muchos otros resultados interesantes han sido encontrados; por ejemplo, que hay una fuerte tendencia a que la formación estelar en espirales interactivas se concentre hacia el núcleo (Bushouse 1987, Kennicutt et al. 1987), que hay una correlación significativa entre el nivel de actividad en el núcleo y el disco, por encima de lo que se observa normalmente a lo largo de la secuencia de Hubble, y que hay una tendencia a encontrar patrones espirales definidos en pares cercanos, consistente con la idea de que hay amplificación de ondas de densidad espirales debida a las interacciones cercanas (Kennicutt, 1987). Por otro lado Petrosian, Saakian y Khachikian (1985) mostraron que la frecuencia de complejos gigantes de HII es dos veces mayor en pares cercanos que en galaxias aisladas.

Los estudios también encuentran un modesto incremento en la luminosidad promedio en el lejano infrarrojo. La consistencia de este resultado con los obtenidos a partir de H α sugiere asociar también este exceso con formación estelar. Los sistemas mas perturbados muestran un exceso mayor en IR, por factores de 2 o 3, incluyendo una fracción significativa de sistemas ultraluminosos.

En lo que respecta a la emisión en radio en pares interactivos, el problema parece incluso mas complejo. A longitudes de onda de centímetros la radio-emisión es no térmica y las explicaciones pueden ser muchas: emisión nuclear, compresión del campo magnético en discos o un flujo de partículas cargadas proveniente de supernovas formadas en un brote estelar. Radio- mapas de alta

resolución han permitido encontrar que gran parte del exceso en radio proviene del núcleo (Hummel, 1981), aunque parece que también la emisión en el disco podría ser mayor de lo normal. Estos también muestran evidencia directa de altas tasas de supernovas, que según Smirnov y Tsvetov (1981) se dan con dos veces mayor frecuencia en sistemas interactivos.

Las galaxias clasificadas morfológicamente como peculiares son obviamente un objeto especialmente interesante de estudio al representar (suponemos) algunos de los casos mas extremos de interacción. Few y Madore encontraron en 1986 una clara relación entre galaxias anulares que presentaban formación estelar reciente y la presencia de compañeras. Appleton y Struck-Marcell (1987) determinaron en una muestra de 26 de estas galaxias, que éstas exhibían excesos en el lejano IR y altas temperaturas características de galaxias con formación estelar. Keel et al (1985) encontraron que la frecuencia de galaxias amorfas (que presentan en muchos casos puentes y colas de marea) es cinco veces mas altas en pares que en galaxias de campo.

Entre los casos extremos de evidencia morfológica de interacción estan las galaxias con núcleos múltiples. El gran número de éstas en la muestra de Markarian, en que además hay una fracción inusualmente alta de núcleos Seyfert ha llevado a explorar la conexión causal entre encuentros cercanos, *mergers* y actividad en los discos y el núcleo. Schweizer (1990) aventura en este sentido que los *mergers* son el mecanismo primordial de formación de galaxias elípticas y los bulbos de las espirales, retomando el esquema propuesto originalmente por Toomre (1977). Como evidencia a su favor incluye la distribución de luminosidad que va como $r^{1.4}$ en muchos *mergers*, así como la presencia de núcleos que rotan en dirección opuesta al resto de la galaxia tanto en *mergers* como en algunas galaxias E/S0.

Todos estos resultados conducen a plantear el problema de otra manera: de qué manera puede relacionarse el nivel de actividad con parámetros que indiquen a su vez el grado de interacción del sistema. Esta dependencia puede formularse en función de dos propiedades: la separación del par y su diferencia de velocidades. Las perturbaciones por efectos de marea en una interacción suelen ser mayores para el caso de encuentros lentos y cercanos, así que en caso de que estos parámetros dinámicos influyan en la tasa de formación estelar, uno esperaría que los niveles de emisión estuvieran inversamente correlacionados con la separación y la diferencia de velocidades del par. Ambas correlaciones han sido encontradas, pero lo mas interesante de todo es que además se ha podido asociar a las galaxias IRAS con los encuentros mas cercanos y violentos, como habría de esperarse (Jones y Stein, 1989). La relación es mas débil en el caso de la dependencia entre las propiedades de emisión y la diferencia de velocidad radial entre los componentes. El problema se complica considerando que se puede esperar una gran dispersión en estas propiedades dado el amplio rango en ángulos de proyección, velocidades orbitales, orientaciones de los ejes y estados evolutivos de las galaxias con las que se trabaja en cualquier muestra estadísticamente significativa. Para un estudio completo de estas correlaciones en el caso de pares aislados de galaxias de morfología mixta, ver Hernández Toledo (1997, tesis doctoral).

Existe un gran cuerpo de trabajos que se encarga de explorar la relación entre interacciones y brotes estelares mediante la construcción de modelos que den cuenta de todos estos resultados. Las galaxias normales pueden ser descritas mediante una secuencia de modelos de edad y función inicial de masa (IMF) fijas, pero con historias de formación estelar variables (véase por ejemplo Searle et al., 1973). Con los colores azules de galaxias interactivas se requieren fuertes brotes estelares superimpuestos a la

población normal; de hecho, la rama superior de la distribución de colores observada (véase por ejemplo, Larson y Tinsley, 1978) requiere de brotes relativamente breves, del orden de 20 mega-años. No abundaremos mas en este aspecto, pero vale la pena mencionar que los resultados de diferentes estudios como los debidos a Kennicutt y colegas (1987), R. Terlevich et al. (1991), Wright et al. (1988) y Shu, Adams y Lizano (1987) son altamente dependientes del modelo con el que se esté trabajando, y enfrentan problemas como el poco conocimiento que se tiene aún sobre la forma de la IMF, sus límites de masa superiores e inferiores, y las poblaciones estelares involucradas.

Otra de las grandes incógnitas en el estudio de los brotes estelares es en qué momento cesan: una respuesta sencilla sería que cuando el gas se ha agotado, pero parece mucho mas probable que una vez que un cierto número de estrellas O se han "prendido", su propio continuo UV se encargará de ionizar el gas restante, y esto, seguido de la aparición de vientos estelares y de supernovas en fases posteriores, dificultarán nuevos procesos de colapso en la nube.

Sobre el papel global, cuantitativamente hablando, que tienen las interacciones en la formación estelar y la evolución galáctica, algunas conclusiones previas han sido aventuradas: Kennicutt y colegas determinan en su estudio que éstas serían responsables a lo mas del $6 \pm 3\%$ de la formación estelar actual en galaxias espirales cercanas. Este porcentaje podría haber sido mucho mayor en épocas pasadas, ya que por ejemplo algunos estudios de pares cercanos a magnitudes débiles ($B < 22$) han encontrado un exceso estadísticamente significativo, lo cual sugiere un incremento en la frecuencia de las interacciones con el corrimiento al rojo (Zepf y Koo, 1989).

Si es ya evidente que la relación interacciones- brotes estelares no es un problema sencillo, y tampoco lo es como se verá a continuación la relación entre interacciones y actividad nuclear, empieza a quedar claro porque la conexión entre NAGs y brotes estelares es uno de los problemas mas complejos y atacados en la astronomía extragaláctica en nuestros días.

1.7.2 Interacciones y actividad nuclear.

Una vez esbozadas las formas en que se ataca el problema de la formación estelar global en galaxias interactivas, el estudio de cómo se ligan las interacciones con actividad en el núcleo de las galaxias será atacado de formas análogas. Las galaxias con brotes nucleares requieren la presencia de una cantidad sustancial de material interestelar en su kiloparsec central. La eficiencia relativamente baja de los procesos termonucleares estelares, aunado a las grandes demandas energéticas de estos objetos implica que al menos masas estelares de 10^8 a $10^{10} M_{\odot}$ son necesarias para alimentar un brote nuclear, aún suponiendo una eficiencia del 100% en la conversión de gas en estrellas masivas. Por ello alimentar estos brotes requiere de un mecanismo capaz de inducir movimientos no circulares que sean grandes en amplitud y a la vez involucren a una fracción sustancial de la materia interestelar de la galaxia, y es en este contexto que las interacciones parecen el mejor candidato. Mientras que mapas interferométricos de ondas milimétricas han demostrado la presencia del material necesario en estas escalas de un kiloparsec en muchos casos (Sanders et al., 1988), hay aún poca evidencia observacional de que los NAGs de baja luminosidad estén por lo general acompañados por grandes masas nucleares de gas interestelar (Heckman, 1990), por lo que aunque sólo se necesitan tasas de acreción pequeñas para alimentar aún un núcleo Seyfert brillante, para explicar el transporte de material hacia la región central donde se hallaría el disco de acreción parece necesario recurrir a procesos adicionales a los resultantes de una interacción galáctica. Heckman concluye que las interacciones pueden no ser

necesarias o suficientes como para alimentar NAGs de baja luminosidad ya que, por un lado, el alimentar a un NAG de baja luminosidad requeriría masas mucho menores a la de la materia interestelar galáctica, lo cual hace innecesario el transporte de material desde radios grandes donde las fuerzas de marea serían significativas; y por otro, el material debe ser canalizado a una región muchos ordenes de magnitud menor a aquella que es afectada por estas fuerzas.

Pero regresando al plano mas general, repasemos qué tipo de limitaciones pueden resultar significativas en el estudio de esta relación y que puntos pueden conducir a una mala interpretación: Por un lado, ya mencionamos que las peculiaridades morfológicas pueden ser evidencia de que una fuerte interacción se ha dado en el último mega-año, pero en el caso que ahora nos ocupa no se debe descartar la posibilidad de que la propia actividad nuclear sea la responsable de estas peculiaridades a través de procesos hidrodinámicos, esto es, que el núcleo sea capaz de expulsar gas hacia afuera e incluso inducir formación estelar con el paso de este material comprimido y acelerado (Williams y Christiensen, 1985). Los llamados supervientos, que pueden ser producidos por estrellas masivas o supernovas en los núcleos podrían ser responsables al menos de algunas peculiaridades morfológicas.

Por otro lado, no todas las peculiaridades encuentran una explicación sencilla en los efectos de fuerzas de marea, y está también el hecho de que algunas subestructuras cinemáticas pueden ser de vida muy larga y por lo tanto no ser evidencia de que interacción alguna ha ocurrido en el pasado reciente. Una vez hecho este matiz, puede echarse un vistazo a las principales conclusiones que se han sacado para diferentes clases de NAGs, utilizando los criterios mas ortodoxos, esto es, estudiando por un lado su entorno, sus propiedades morfológicas y la asociación directa entre actividad y presencia de compañeras (cuando la resolución permite encontrar a estas).

i) Galaxias Seyfert

Varios resultados importantes han sido hallados para las galaxias Seyfert: Varias muestras elaboradas en los 80s por Dahari (1984 y 1985) y Mac Kenty (1989) les permitieron determinar una diferencia significativa entre la tendencia de las Seyfert a tener compañeras, respecto a las muestras de control de galaxias de campo. Este último encontró que 71% de las Seyfert tenían una galaxia compañera dentro de un rango de 10 diámetros galácticos contra sólo 26% de su muestra de control, mientras que Dahari concluyó que las Seyfert con compañeras en su muestra no diferían significativamente en propiedades como la potencia en radio o la luminosidad de $H\alpha$, de las galaxias Seyfert aparentemente aisladas. El resultado fue confirmado con una nueva muestra de 194 Seyferts por Dahari y DeRobertis (1988). Lo que tanto Dahari y DeRobertis como Mac Kenty hallaron en sus muestras fue que las Seyfert 2 con compañeras tenían un exceso en la emisión en radio e IR respecto a las aisladas, y que una mayor fracción de Seyferts 2 que Seyferts 1 parecían tener compañeras (conclusión controversial a la que llegan también MacKenty, 1990; Laurikainen et al., 1995; Laurikainen y Salo, 1995), indicando sus colores IR que en ellas hay formación estelar inducida. Esta observación ha sido reforzada por la evidencia de que mientras en las Seyfert 1 la radiación en el lejano IR está dominada por radiación sincrotrónica o re-emisión por polvo de ésta, en las Seyfert 2, esta región está dominada por re-emisión por polvo de luz estelar (Dultzin-Hacyan, Masegosa y Moles 1988,1990; Dultzin-Hacyan y Benítez, 1994). Recientemente, Fuentes y Krongold (tesis de licenciatura, 1997) han encontrado que sólo las Seyfert 2 tienen exceso de compañeras, mediante un análisis más completo, y usando por primera vez para este tipo de estudio, las placas digitalizadas de Monte Palomar.

Las otras maneras de abordar este tipo de estudios tambien arrojan resultados: partiendo del aspecto morfológico, parece que una fracción grande de las Seyfert que va del 16% (Adams, 1977) al 40% (Wehinger y Wyckoff 1977) son morfológicamente peculiares. A esta observación se suma el hecho de que la fracción parece aumentar a medida que el corrimiento promedio de la muestra bajo estudio aumenta, lo cual significaría que la conexión entre el fenómeno Seyfert e interacciones galácticas es mas fuerte para los casos mas luminosos. Simkin, Su y Schwarz (1980), y mas recientemente Moles et al. (1995) mostraron que las Seyferts son preferencialmente espirales de tipo temprano con anillos internos o externos, que ellos interpretan como un signo de distorsiones ovales en los discos que además acarrearían gas al núcleo. Moles analizó 279 galaxias Seyfert y LINERs, cuya morfología era conocida, y en todos los casos halló interacciones o distorsiones no axisimétricas- usualmente barras, anillos, o ambas cosas. Por otro lado, con anterioridad se había encontrado que barras y anillos están presentes mas facilmente en Seyferts 2 y *starbursts* que en Seyfert 1 (Arsenault, 1989).

Otra manera mas de partir en este tipo de estudios es tratar de hallar la fracción de núcleos Seyfert entre muestras de galaxias interactivas. En este sentido Dahari (1985) también ha sido quien ha hallado un exceso de Seyferts entre una muestra de 167 galaxias catalogadas como fuertemente interactivas del Atlas y Catálogo de Galaxias Interactivas de Vorontsov- Velyaminov, resultado que encuentra tiene un nivel de confianza del 98%.

ii) Radio galaxias

El mismo tipo de aproximaciones se ha llevado a cabo para el caso de las radio galaxias, aunque estableciendo una distinción entre radio galaxias de bajo y alto poder. Las primeras muestran líneas ópticas de emisión débiles y su radio emisión está dominada por emisión proveniente de los jets. Las radio galaxias de bajo poder son generalmente gigantes elípticas (Smith y Heckman, 1989) y por ello la muestra de control suele ser un conjunto de gigantes elípticas radio tenues pero ópticamente similares. Usando este tipo de muestras de control Heckman, Carty y Bothun (1985) encontraron que estas radio galaxias de bajo poder habitan regiones con una densidad galáctica promedio de dos a tres veces mayor que la de la muestra de control.

Por otro lado, están las radio galaxias de alto poder que muestran líneas ópticas fuertes y cuya radio emisión está dominada por los lóbulos externos y "manchas calientes". La baja densidad espacial de estos objetos, que se encuentran sólo en cantidades significativas para $c > 10^4$ km/s dificulta en gran medida su investigación óptica. Las radio galaxias de alto poder tienen un promedio de dos compañeras brillantes dentro de los 100 kpc. circundantes (Smith, Heckman, Illingworth, 1990). Este resultado combinado con los estudios de su función de luminosidad sugiere que las interacciones entre galaxias masivas tendrán como sello la fuerte radio emisión. Por otro lado, sus colores ópticos son mas azules que aquellos de sus contrapartes de bajo poder o elípticas radio tenues de magnitud absoluta similar, lo cual puede ser explicado una vez mas por brotes estelares inducidos por la interacción, en los que se ha visto envuelta sólo un pequeño porcentaje de la masa de la galaxia vieja subyacente.

En lo que respecta a estudios morfológicos, las investigaciones son menos concluyentes. Las estimaciones que se han hecho de la fracción de estos objetos morfológicamente perturbados van del 32% (Yates, Miller y Prestage, 1990) a practicamente el 100% (Hutchings, 1987). Estos estudios se

refieren a la presencia de estructuras como colas, anillos, puentes y franjas grandes de polvo, que en contraste sólo se hallan presentes en alrededor de un 10% de las radio galaxias de bajo poder.

Las radio galaxias son uno de los pocos casos que han permitido, por otra parte, abordar el estudio de la cinemática de su gas en busca de evidencia de un fenómeno de acreción. Los mapas de HI permitieron a Gorkom y su equipo (1989) detectar gas cayendo hacia el núcleo en 25% de una muestra de radio galaxias de bajo corrimiento. Siendo esta detección contra una fuente nuclear de radio compacta, muy complicada, éste bien podría ser el caso en una gran fracción de las radio galaxias. Sin embargo su estudio también sugiere que el material puede estarse condensando a partir de un flujo de enfriamiento, mas que a partir de material capturado por efectos de marea.

iii) Cuasares y BL Lacs.

Los cuasares radio- fuertes tienen mas vecinos cercanos que las galaxias típicas por un factor de 4 a 5 (Smith y Heckman, 1990) . Por otro lado, los cuasares radio tenues tienen menos vecinas cercanas en promedio que los cuasares radio fuertes por un factor de 2. Mientras que el medio de los cuasares a bajos corrimientos es localmente denso, éstos se hallan raramente localizados adentro de cúmulos ricos de galaxias, aunque la situación se revierte para $z > 0.5$ (Yee y Green, 1987). La gran mayoría (90%) de los vecinos aparentemente cercanos a los cuasares están de hecho físicamente asociados a ellos, ya que tienen los mismos corrimientos (Heckman et al, 1984).

A pesar de la dificultad para resolver la galaxia huésped de muchos cuasares debida a su gran luminosidad, existen muchos resultados que señalan la gran fracción de ellos que se hallan perturbados morfológicamente: entre 35 y 55% según Smith et al (1986), y entre 30 y 40% según Hutchings et al (1984). La fracción es particularmente alta para los cuasares radio fuertes: 70% (Hutchings, 1987), 77% (Smith et al, 1986), >68% (Hutchings, Janson y Neff, 1989). Aunque tambien en este caso, existe controversia alrededor de la posibilidad de que algunas de estas estructuras peculiares no estén producidas por luz estelar sino por gas emisor de líneas. Lo que no ha sido posible hasta estos momentos es realizar un estudio comparativo entre la fracción de cuasares interactivos y una muestra adecuada de galaxias no activas. La razón de esto naturalmente es que no es claro cual sería la naturaleza de la muestra adecuada de galaxias normales.

En el caso de los NAGs con actividad mas violenta, los de tipo BL Lac (o *blazares*), la evidencia apenas empieza a aparecer (por ejemplo, Benítez et al., 1996; Pesce, Falomo y Treves, 1995), encontrandose ya los primeros casos de BL Lacs con compañeras cercanas, y con ello los primeros indicios de que también aquí las interacciones juegan un papel importante.

iv) Galaxias IRAS

A luminosidades mayores a $10^{11} L_{\odot}$, las galaxias infrarrojas se convierten en la población dominante de objetos extragalácticos en el universo local ($z < 0.3$), siendo mas numerosas que las galaxias de brotes (*starbursts*) y que Seyferts y QSOs a luminosidades bolométricas comparables (Sanders y Mirabel, 1996; de aquí en adelante SM 96). El muestreo del satélite IRAS (del que se habla con detalle en el capítulo 3) es especialmente importante en el estudio de estos objetos por haber cubierto casi todo el cielo. Este muestreo ha permitido precisamente probar la idea de que todas o muchas de las galaxias pasan por períodos de formación estelar rápida. Lonsdale y sus colaboradores (Lonsdale, Lonsdale y

Smith, 1992; Lonsdale, 1990) encontraron a partir de esta muestra que los conteos numéricos no son compatibles con los modelos galácticos no evolutivos (esto es, con una evolución estelar pasiva) y que una fuerte evolución en luminosidad o densidad era necesaria para ajustar los conteos, siendo la estadística consistente con la idea de que todas las galaxias ricas en gas deben experimentar por lo menos una fase luminosa en el IR que abarque alrededor de 10^8 años. Para Lonsdale, el hecho de que interacciones galaxia-galaxia parecen estar implicadas en muchos eventos de extrema luminosidad en el IR, plantea la posibilidad de una evolución en la densidad, que se reflejaría en un incremento en la tasa de interacción avanzando hacia atrás en el tiempo, resultando en una mayor incidencia de NAGs y brotes inducidos, sin un incremento en la luminosidad de un evento dado.

Se da por descontado que las mas luminosas galaxias del IRAS ($L_{\text{FIR}} > 10^{11} L_{\odot}$) son galaxias interactivas o fusiones (*mergers*) y estos casos abarcan entre el 3% y el 9% de todas las galaxias IRAS (Wolstencroft et al, 1987). El hecho de que la mayoría de la radiación infrarroja es reprocesada complica el escenario físico. Joseph (1987) afirma que hay brotes presentes en todas las galaxias infrarrojas ultraluminosas (ULIGs)- sin que ello excluya la presencia de un núcleo activo- porque la emisión IR puede ser resuelta y proviene de una región extendida demasiado grande como para ser calentada por una única fuente central, porque los cocientes de líneas ópticas son característicos de regiones H II en por lo menos 2/3 de las fuentes, y porque la emisión en radio parece ser mas consistente con supernovas que con un espectro de NAG. En un estudio de 10 ULIGs ($L_{\text{FIR}} > 10^{12} L_{\odot}$), Sanders et al. modelaron el espectro óptico con una población joven típica de un brote mas un núcleo activo. Rowan-Robinson y Crawford (1989) modelaron el espectro IR de 227 galaxias IRAS con una componente fría de disco mas una componente caliente de brote y un núcleo Seyfert. Lonsdale, Lonsdale y Smith (1991) encontraron evidencias de núcleos activos "escondidos" en otra muestra de galaxias IRAS.

Estos resultados y muchísima mas evidencia observacional fue recopilada recientemente en la revisión hecha por SM96, quienes sacan importantes conclusiones: El detonante de la intensa emisión IR son básicamente interacciones fuertes y fusiones de espirales ricas en gas molecular, y la principal fuente de su luminosidad, excepto para los casos ultraluminosos es el calentamiento del polvo por un intenso brote estelar en nubes moleculares gigantes.

A luminosidades menores a $10^{11} L_{\odot}$, la gran mayoría de las galaxias IRAS parecen ser espirales ricas en gas, aisladas aún, cuya gran luminosidad proviene principalmente de formación estelar. En el rango que va de 10^{11} a $10^{12} L_{\odot}$, la frecuencia de interacciones aumenta dramáticamente con la luminosidad, mientras aumenta simultáneamente la importancia de los núcleos Seyfert sobre la del brote estelar. Los estudios concernientes a la morfología de las galaxias con grandes luminosidades en el IR (LIGs) arrojan las siguientes conclusiones: Alrededor del 10% de las galaxias con luminosidades en el IR que van de 10^{10} a $10^{11} L_{\odot}$ son morfológicamente peculiares, mientras que cerca de 50% de las galaxias con luminosidades IR de entre 10^{11} y $10^{12} L_{\odot}$ son clasificadas como tales (ver por ejemplo Armus, Heckman y Miley, 1987,1990; Lawrence et al 1989; Sanders et al 1988).

A las luminosidades mayores ($L_{\text{FIR}} > 10^{12} L_{\odot}$), prácticamente todos los objetos parecen ser fusiones avanzadas, cuyas luminosidades son alimentadas por una mezcla de brotes circunucleares y NAGs, los cuales a su vez han sido favorecidos por la concentración de gas molecular que ha sido canalizado hacia el núcleo fusionado. El rol que juegan ambos fenómenos es mas difícil de precisar que en los casos menos luminosos por el oscurecimiento producido por la gran concentración de polvo. La tasa de

incidencia de núcleos múltiples en las galaxias ultraluminosas (ULIGs) es al menos del 50% (Carico et al 1990; Graham et al, 1990); lo que sugiere que esta fase ultraluminosa corresponde a los 10^8 años finales de un *merger* (fusión).

El que muchas de las ULIGs contengan masas del orden de $10^{10} M_{\odot}$ en un radio de 0.5 kpc. del núcleo fusionado, es terreno fértil para que tengan lugar muchos fenómenos energéticos que incluirían grandes brotes estelares cuyos supervientos contribuirían en gran medida al enriquecimiento del medio intergaláctico, la formación de cúmulos de estrellas masivas, y la aparición de una fase de actividad nuclear. A ello se debe que estos objetos constituyan una pieza fundamental en la relación entre brotes y NAGs.

CAPITULO II LINERs

*All the world is
all I am
The black of the blackest ocean
and that tear in your hand.
- Tori Amos.*

2.1 El trabajo seminal.

El trabajo seminal en el estudio de los LINERs (del inglés: Low Ionization Nuclear Emission Regions) como un NAG con características propias, apareció en *Astronomy and Astrophysics* firmado por T.M. Heckman en 1980. En una investigación que Heckman abordó como tesis doctoral, se propuso discutir la actividad en el núcleo de galaxias normales basándose en espectrofotometría óptica y datos en dos frecuencias del continuo en radio, para una muestra, estadísticamente completa, de 90 galaxias brillantes.

En un artículo previo sobre la misma muestra, Heckman había discutido los casos que claramente identificó como regiones H II nucleares, reservándose para después los objetos que creyó conveniente agrupar como LINERs, de los cuales concluye que:

1. Su espectro óptico está dominado por líneas de emisión de baja ionización (por ejemplo, OI, S II y N II).
2. Su luminosidad ($L_{H\alpha}$ entre 10^{38} y 10^{40} erg / s) es del orden de la de una región H II gigante, más que del orden de la de un cuasar o una galaxia Seyfert.
3. Las líneas de emisión en LINERs tienen anchos típicos del orden de 500 km/s, similares a los anchos de las líneas delgadas de las Seyferts. Algunos mostraban perfiles dobles de $H\alpha$ análogos a los de las Seyfert 1 o los cuasares.
4. Heckman no encontró evidencia de una componente azul que contribuyera significativamente (más del 10%) al continuo óptico de los LINERs.
5. Los LINERs se detectan frecuentemente en galaxias morfológicamente normales, particularmente de tipo de Hubble temprano.
6. En su muestra, Heckman encontró que la presencia y potencia de un LINER podía estar correlacionado estadísticamente con la presencia y potencia de una fuente compacta de radio nuclear.

Este artículo seminal, además de dar identidad propia a los LINERs, inaugura ya la discusión sobre la fuente de excitación con la que pudiera modelarse su espectro, apoyando como el escenario más plausible el de ondas de choque, moviéndose a una velocidad del orden de 100 km/s en un medio de densidades del orden de 10 a 100 cm^{-3} y abundancias solares. El escenario de calentamiento por choques había sido desarrollado con éxito para NGC 1052 (Warner, 1977; Fosbury et al. 1978) y casi de inmediato se propuso se extendiera esta explicación a otros NAGs. Heckman encontró que este escenario se ajustaba muy bien a los espectros observados, e incluso especuló sobre el origen de estas ondas de choque, sobre el cual existían varias alternativas: que partículas relativistas de la fuente compacta de radio las produjeran (Fosbury et al., 1978), que fueran producto de colisiones entre nubes

(Gunn, 1978), o del encuentro entre gas expulsado del núcleo y gas acarreado hacia él (Goad 1974, 1976).

En su artículo, Heckman también abunda sobre los escenarios alternativos propuestos: fotoionización por un espectro UV estelar (originado por estrellas jóvenes y calientes), fotoionización por un continuo UV no térmico (de ley de potencias) como en el caso de las Seyferts, y calentamiento por microondas o por enfriamiento de un gas caliente en la vecindad del LINER. Heckman encuentra objeciones a todos estos escenarios; en el caso de fotoionización por un continuo tipo Seyfert, destaca que un espectro de LINER requeriría un continuo mucho más inclinado (de índice espectral α entre 2 y 3) que el de una Seyfert (α entre 1 y 1.5), y en este caso, no encuentra compatibilidad entre la ausencia de un continuo de esta naturaleza en el óptico y la luminosidad de las líneas de emisión. Otra dificultad que destaca es que estos modelos de fotoionización predicen temperaturas del orden de 10^4 K, mientras que las temperaturas que él dedujo para sus LINERs a partir de sus mediciones de O III resultaban mucho mayores.

A partir de este análisis, los primeros años dedicados al estudio de los LINERs estuvieron dominados por este panorama de excitación por choques, hasta que hacia 1985 la evidencia acumulada y los trabajos de Binette, Filippenko y colegas (sección 2.3) a favor de la fotoionización como mecanismo de excitación de las líneas, cambian por completo el panorama convirtiendo a éste en el más favorecido actualmente. Sin embargo, cabe destacar que, aunque Heckman apoyó inicialmente la excitación por choques (sin cerrarse a la posibilidad de que los modelos de fotoionización fueran los correctos), esto no le impidió plantear ya de entrada que los LINERs formarían una secuencia continua con el resto de los NAG. Sobre los diferentes mecanismos planteados por Heckman en aquel artículo seminal, hay que aclarar que son modelos alternativos vigentes hoy en día (según Koratkar et al, 1995): la ionización por vientos producidos por brotes estelares, el enfriamiento radiativo de flujos de acreción que vienen de los halos galácticos, y los modelos de ondas de choque que serían producidas por supernovas en medios de alta densidad. Pero de todo esto nos ocuparemos más detalladamente en la sección 2.3.

Al iniciar el estudio de los LINERs más intensivamente durante la década pasada, también se fue modificando la definición de estos objetos en términos observacionales. Hoy en día, la mayoría de los artículos y catálogos que trabajan con LINERs los definen, además de por la presencia de líneas intensas de baja ionización, de acuerdo a ciertos cocientes de líneas: $([O II] \lambda 3727) / ([O III] \lambda 5007) \geq 1$ y $([O I] \lambda 6300) / ([O III] \lambda 5007) \geq 1/3$. El primero de estos criterios es satisfecho por muchas galaxias con regiones H II, pero el segundo no. Debido a las dificultades de comparar líneas en un gran rango de longitudes de onda, y a los efectos de extinción interestelar que afectan a la línea de [O II], Osterbrock (1989) propone como una definición equivalente en la mayor parte de los casos: $([O III] \lambda 5007) / H\beta < 3$ (si este cociente es mayor, se tratará de una Seyfert), $([N II] \lambda 6583) / H\alpha > 0.5$, $([O I] \lambda 6300) / H\alpha > 0.05$, y $([S II] \lambda 6716 + \lambda 6731) / H\alpha > 0.4$. El uso de los dos primeros cocientes fue propuesto inicialmente por Baldwin, Phillips y Terlevich en 1981, porque tienen la ventaja de ser poco sensibles al enrojecimiento y porque una región de sólo unos 2000 Å necesita ser observada.

En lo que resta de este trabajo, se especifican los criterios usados para definir un LINER en cada caso en que estos difieran de los anteriores, pero en la mayoría de los trabajos basta que $([O I] \lambda 6300) / ([O III] \lambda 5007) \geq 1/3$ para que el objeto sea considerado un LINER.

2.2 La cola de baja luminosidad.

Entre los objetos de menor luminosidad de la familia de los NAG, las distinciones se hacen menos precisas. Para muchos investigadores, cualquier núcleo que cumpla $[N II] \lambda 6583 / H\alpha > 0.7$ o que $[O I] \lambda 6300 / H\alpha > 0.10$ califica para ser considerado como una variedad de núcleo activo de baja luminosidad (Keel, 1984).

Hacia mediados de los ochentas, el escenario era especialmente caótico. En esta rama de la familia, se empezaron a incluir por ejemplo, las Seyfert 2 de baja luminosidad, siendo la única diferencia básica con respecto a lo definido para sus compañeras más luminosas, que tienen núcleos con líneas anchas y rangos de colores que caen fuera de lo estipulado para las Seyfert luminosas, pero con cocientes de líneas que indican con claridad fotoionización por una fuente de ley de potencias que se extiende por lo menos hasta 100 eV produciendo las líneas de Fe VII y Ne V.

También están incluidos en esta cola las galaxias de rayos X de líneas delgadas, grupo sumamente heterogéneo y que en realidad comprende a todos aquellos núcleos activos que fueron inicialmente identificados como tales a través de su emisión en rayos X. Por ello estos objetos, que incluyen muchos núcleos que parecen residir en galaxias vistas de canto y que probablemente representan núcleos Seyfert vistos a través de un disco galáctico con fuerte absorción, no son sino el extremo de la cola de una distribución amplia de cocientes de luminosidad óptica a rayos X.

Muy recientemente, la cola de baja luminosidad ha sufrido una severa reclasificación que tiende a echar luz sobre su naturaleza, gracias al extensísimo estudio debido a Ho, Filippenko y Sargent, cuyas muchísimas facetas están siendo publicadas a través de una larga serie de artículos. En este estudio de 486 galaxias cercanas, los criterios de clasificación adoptados por Ho y sus colegas fueron básicamente los de Veilleux y Osterbrock (1987) que son relativamente insensibles a correcciones por extinción:

Núcleos H II : $[OI] / H\alpha < 0.08$, $[N II] / H\alpha < 0.6$ y $[S II] / H\alpha < 0.4$

Seyferts: $[OI] / H\alpha > 0.08$, $[N II] / H\alpha > 0.6$, $[S II] / H\alpha > 0.4$ y $[O III] / H\beta > 3$

LINERs: $[O I] / H\alpha > 0.17$, $[N II] / H\alpha > 0.6$, $[S II] / H\alpha > 0.4$ y $[O III] / H\beta < 3$

Además de estos objetos, Ho, et al. (1993) hablan de "objetos de transición" como aquellos cuyas intensidades de $[O I]$ son intermedias entre las de los núcleos HII y las de los LINERs, y han supuesto desde entonces que éstos están compuestos tanto por una región H II como por una componente LINER. Los criterios usados son los mismos que para los LINERs con la única diferencia de que los valores de $[O I] / H\alpha$ están entre 0.08 y 0.17.

Este último grupo de núcleos compuestos, donde estarían presentes tanto regiones H II como fuentes de ionización no estelares, ya había sido identificado, si bien no separado enteramente de los LINERs en los años 80. Sólo estudios de alta resolución espacial o espectral permiten distinguir sus dos componentes. Un objeto activo compuesto puede identificarse a partir de la detección de una fuente compacta de radio, de distribución espectral plana de energía, en un núcleo dominado ópticamente por formación estelar (Keel, 1984). Como ya se discutió en el capítulo anterior, las mediciones en el IR en estos objetos son esclarecedoras, por su sensibilidad para detectar polvo calentado por estrellas. Este conocimiento, y los vínculos de todas las observaciones ya mencionadas en la sección 1.7 con formación estelar e interacciones han ayudado a aclarar el panorama.

Ahora bien, el estudio de qué tan frecuentes son los núcleos activos entre las galaxias cercanas a nosotros, que abordaron principalmente Sargent y Filippenko (1986, 1987), ha permitido empezar a completar la función de luminosidad local $\Phi(L, 0)$, que trata de encontrar la densidad actual ($z=0$) en el número de núcleos activos que tienen luminosidad intrínseca L , para todo valor de L . El comportamiento de la función $\Phi(L, z)$ como función del corrimiento z puede usarse entonces para deducir cómo evolucionan los NAG con el tiempo, y explorar la relación entre su presencia en el presente y el pasado. La investigación de galaxias cercanas trata principalmente de estudiar y reproducir los perfiles de diferentes líneas, tratando de revelar la presencia o ausencia de componentes anchas, que por ser débiles estarían *enterradas* bajo el continuo. Este método permite entonces discriminar entre las componentes estelares y no estelares de la actividad nuclear en cierta galaxia.

En su estudio de alrededor de 150 galaxias, Filippenko y Sargent (1986; FS en adelante) encontraron que en muchos de estos objetos, el gas nuclear está siendo fotoionizado por un continuo no estelar, cuya prominencia decrece con el radio, y que en las afueras del núcleo, los cocientes de intensidad de líneas son más bien acordes a los de las regiones H II. La presencia de una componente ancha de H α en la mayoría de las galaxias estudiadas y en el 40% de los LINERs de Heckman, aún siendo ésta muy débil, evidencia que procesos físicos similares ocurren en estos objetos y sus parientes más luminosos. Entonces la diferencia entre cuasares, Seyferts y los objetos de baja luminosidad estaría dada en términos del parámetro de ionización, U , que es el cociente de fotones ionizantes a nucleones en la superficie de una nube de la NLR, y que sería grande (del orden de 10^{-2}) en QSOs y Seyferts 1, y caería hasta un orden de $10^{-3.5}$ en los LINERs, siendo entonces comprensible la dificultad para detectar un continuo no estelar en estos últimos objetos.

Un hecho significativo que también encuentran FS, es el que varias líneas delgadas tengan diferentes anchos y perfiles. [O I] $\lambda 6300$, por ejemplo, es significativamente más ancha en más del 30% de los LINERs de Heckman que las líneas de [S II], lo cual implicaría la existencia de un rango de densidades en la región de emisión de líneas delgadas, que fue detectada con facilidad en el caso de M 81, considerada una Seyfert 1 enana (Peimbert y Torres- Peimbert, 1981). Otro resultado que en principio sorprendió a sus autores fue encontrar que las temperaturas electrónicas derivadas a partir de las intensidades relativas de [O III] $\lambda 4363$ y [O III] $\lambda 5007$ para algunos LINERs, incluido el prototipo NGC 1052, serían más altas de lo esperado, del orden de 25 000 K. Esto implicaría excitación colisional del gas y apoyaría los modelos de choques, separando a los LINERs de la familia de los NAGs. Pero precisamente un rango de densidades en la NLR removería el problema, y esto es precisamente apoyado por la diferencia en los perfiles de las líneas. Nuevas observaciones en NGC 7213 y Pictor A confirmaron, además, que la intensidad anómalamente alta de [O III] $\lambda 4363$ se debe, en muchos casos, a altas densidades y no a altas temperaturas. Por otro lado, se encontró una correlación entre los anchos y densidades críticas de las líneas prohibidas en muchas de las galaxias con componente ancha de H α y en más del 40% de los LINERs de Heckman (Para mayores detalles, ver 2.3).

FS concluyeron, finalmente, que 40% de los LINERs presentaban una componente ancha de H α que apoyaba la hipótesis de fotoionización por radiación no estelar; y que podía suponerse un gran rango de densidades ($n_e = 10^3$ a 10^6 / cm^3) en su NLR, que precisamente arregla las discrepancias entre modelos y observaciones. En la muestra completa, encontraron que más del 10% de las galaxias estudiadas presentan una componente ancha de H α (cuya luminosidad va de 10^{38} a 10^{40} erg / s), por lo

que es inmediato concluir que actividad Seyfert de bajo nivel es una propiedad común de las galaxias cercanas, y por lo tanto, en buena parte del universo.

Los alcances del estudio de FS han sido ampliamente superados por el muestreo de Palomar debido a Ho, Filippenko y Sargent (1997; en vías de publicación). En él se encontraron 420 núcleos con emisión de líneas de un total de 486 galaxias examinadas de una muestra completa y limitada en magnitud a $B_r < 12.5$ mag., con declinación $\delta > 0$, y un límite de detección en el ancho equivalente de la línea de emisión más ancha (generalmente $H\alpha$) de 0.25 Å. El 98% de las galaxias espirales de esta muestra mostraron líneas de emisión, contra 54% de las elípticas y 64% de las lenticulares. Aproximadamente la mitad de los núcleos con líneas de emisión fueron clasificados como núcleos HII, y la otra mitad como algún tipo de NAG, en los cuales se incluye a los LINERs y los objetos de transición. La población podría desglosarse de la siguiente manera: 10% de todas las galaxias tienen un núcleo Seyfert, 19% un núcleo tipo LINER puro, y otro 13% un núcleo de transición. Los LINERs constituirían entonces 1/3 de todas las galaxias más brillantes que $B_r = 12.5$ mag., y si todos los LINERs (puros y de transición) fueran realmente NAGs, llegarían a ser el 75% de la población total de NAGs en el rango de luminosidad del muestreo de Palomar. De todos los NAGs, alrededor del 20% mostraron una componente ancha de $H\alpha$ que revela la presencia de una BLR en el esquema más ortodoxo.

Los resultados del muestreo de Palomar son reveladores en muchos aspectos: los núcleos H II se encuentran preferencialmente en galaxias de tipo tardío, mientras que los NAGs en las de tipo temprano, siendo el tipo Sbc el que parte claramente la tendencia. Una propiedad importante encontrada es que los LINERs puros se encuentran en una mayor fracción de elípticas que las Seyfert, y que entre todos los LINERs, los de transición se detectan con mayor frecuencia en espirales tardías. Los diferentes grupos de NAG tienen distribuciones similares de magnitudes absolutas, y sus galaxias huésped son mucho más luminosas que las que albergan a los núcleos H II por el mero hecho de que las galaxias tempranas suelen ser más luminosas que las tardías. Al muestreo de Palomar se regresará en la sección 2.4, en relación a los resultados encontrados en torno a las propias líneas de emisión.

Otros estudios más puntuales, por llamarlos de alguna manera, apuntan en la dirección de una extensión de los mismos fenómenos a los objetos de bajas luminosidades. Koratkar y colegas (1995) por ejemplo, realizaron un estudio con 5 objetos que clasifican como LLAGNs (de las siglas en inglés: Low Luminosity AGN, es decir, NAGs de baja luminosidad) para determinar si el mecanismo dominante de producción de rayos X era el mismo que para galaxias activas luminosas, y encontraron que la emisión de rayos X además de ser predominantemente nuclear (proveniente de una región menor a 500 pc.) estaba correlacionada con la luminosidad de la componente ancha de $H\alpha$ de la misma manera que para casos más luminosos (en los LLAGNs, $L_x / L_{H\alpha} = 14$, mientras que en el extremo luminoso es de alrededor de 29).

Así pues, al extender la discusión sobre las galaxias Seyfert a esta cola de baja luminosidad, las interrogantes son, evidentemente, las mismas: ¿Cuál es el mecanismo dominante de ionización y qué lo propicia? En el caso de acreción hacia un objeto supermasivo, ¿qué tan frecuentes son estos acretores y qué masas se hallan involucradas? ¿Cuáles serían los factores que gobiernan el flujo de gas hacia el núcleo galáctico? ¿Cuál es el papel de los brotes estelares circumnucleares? La siguiente sección tiene por objeto revisar los estudios que han sido realizados exclusivamente con LINERs a este respecto.

2.3 Modelos de excitación en LINERs.

Un estudio sumamente detallado sobre NGC 7213 debido a Filippenko y Halpern (1984; FH en adelante) marcó la pauta que se seguiría en la década subsecuente para tratar de determinar cuál de los escenarios es el responsable de las líneas de emisión en los LINERs.

El primer hecho observacional importante que encontraron fue que en algunos casos líneas diferentes producidas por los mismos iones tenían distintos anchos, lo cual indica claramente que éstas no podían estar producidas por el mismo gas; de aquí que nubes con diferentes rangos de velocidades tendrían que estar presentes, contribuyendo al espectro de líneas según lo dicten las condiciones físicas locales. Este hecho complica sobremanera la determinación de densidades, temperaturas y enrojecimientos a partir de los cocientes de líneas. Posteriormente, Filippenko y Halpern determinaron que es la densidad crítica de una línea, y no el potencial de ionización (que se sabía está correlacionado con el ancho de la línea) el discriminante principal en estos estudios, ya que permite distinguir, además, entre transiciones desde diferentes niveles superiores en cierto ión.

La densidad crítica, para un nivel i , arriba de la cual la desexcitación colisional es significativa, puede escribirse como:

$$n_e(\text{crit}) = \sum A_{ij} / \sum q_{ij}$$

La primera sumatoria involucra las probabilidades de transición del nivel i al nivel j (representadas por el coeficiente A_{ij} , y donde $i < j$), y la segunda a las tasas de desexcitación colisional (representadas por q_{ij} , donde $i = j$). La emisividad de un gas es proporcional al cuadrado de la densidad electrónica, es decir, a n_e^2 , debajo de la densidad crítica $n_e(\text{crit})$, y proporcional linealmente a n_e , por arriba de ella. Por ello, una línea dada se emite de manera más eficiente cuando la densidad del gas es cercana a su densidad crítica, y de ahí que las líneas de emisión nos sirvan para tratar de determinar la densidad electrónica de la región que las emite, si observamos una buena cantidad de ellas.

A partir de las observaciones de FH, el debate se centró precisamente en la posibilidad de que la presencia de un rango de densidades reconciliara las teorías con las observaciones, ya que la intensidad de la línea de [O III] λ 4363, con respecto a la de [O III] λ 4959+5007 parecía implicar temperaturas demasiado altas para ser compatibles con gas fotoionizado. De hecho, Filippenko y Halpern encontraron que el cociente $R = I([\text{O III}] \lambda 4959+5007) / I([\text{O III}] \lambda 4363) = 6.65$ para NGC 7213, no podía ser reproducido a ninguna temperatura razonable a menos de que la densidad $n_e > 10^{5.5} / \text{cm}^3$. Ajustes posteriores de FH para hacer compatible estos cocientes con una temperatura del orden de los 16,000 K, característica de gas fotoionizado, daba de cualquier manera densidades muy superiores a los valores normalmente atribuidos a las NLR de las Seyfert (de entre 300 y 500 / cm^3) y a los valores encontrados para otros cocientes de líneas, por ejemplo de S II.

FH reconcilian todas estas observaciones con los modelos de fotoionización bajo la premisa de que son altas densidades, del orden de $10^{6-7} / \text{cm}^3$ en las NLRs de los LINERs, y no altas temperaturas las responsables de los cocientes encontrados. También destacaron que bajo este panorama debían producirse líneas intensas de diversas especies de baja ionización, el parámetro de ionización U sería constante, y que la correlación observada entre el ancho de velocidad y la densidad sería consistente con nubes moviéndose en órbitas keplerianas.

Todos estos argumentos apuntan en contra del modelo de calentamiento por choques, por el hecho de que los espectros observados pueden ser modelados y explicados más adecuadamente por fotoionización, que además les permitía en el caso de NGC 7213 explicar la presencia de un continuo de ley de potencias en rayos X, y un cierto nivel de continuo no estelar en el óptico.

Nuevas observaciones debidas a Filippenko (1985), pero ahora con PKS 1718-649, además de una Seyfert 1: Pictor A, y el QSO MR 2251-178, apoyaron la hipótesis de FH en el sentido de que un gran rango en densidades en las nubes de líneas delgadas, deducido a partir de la correlación entre el ancho de las líneas prohibidas y sus densidades críticas para desexcitarse colisionalmente, parece resolver la controversia de temperatura debida a la intensidad de [O III] λ 4363, y permite explicar todas las características atribuidas a choques, incluida esta intensidad anómala, en el marco de un modelo de fotoionización.

Un nuevo matiz no sería establecido hasta casi una década más tarde por el propio Filippenko y Luis C. Ho (1993) cuando en un estudio de 14 LINERs, propusieron que la intensidad de [O I] λ 6300 permite discriminar entre LINERs que serían regiones H II de alta metalicidad fotoionizadas por estrellas tipo O extremadamente calientes ($[O I] / H\alpha < 1/6$), y LINERs que son fotoionizados por un continuo no estelar ($[O I] / H\alpha > 1/6$). Los cocientes de líneas predichos en un modelo de gas ionizado por una estrella tipo O de temperatura efectiva de 45,000 K (Filippenko y Terlevich, 1992), se ajustaron a las observaciones realizadas en los LINERs débiles en [OI]; por otro lado, la detección de una componente ancha, aunque débil de $H\alpha$, y la correlación entre ancho de línea y densidad crítica presente para todos los LINERs fuertes en [OI] de la muestra (y que obedecen las Seyfert 2 según De Robertis y Osterbrock, 1986), así como el hecho de que la mayor parte de los LINERs de la muestra fueran fuentes puntuales de rayos X (Mushotsky, 1993), lleva a proponer en estos casos la presencia de un mecanismo parecido al de las demás Seyferts.

El estudio del espectro de 13 LINERs en el rango 3400 a 9800 Å con una resolución de 5 a 8 Å, permitió por la calidad de los datos, que Ho, Filippenko y Sargent (1993; HFS en adelante) contrastaran una gran cantidad de cocientes de líneas para poner a prueba todos los escenarios de excitación posibles, y que marcaran nuevamente una diferencia entre los LINERs fuertes en [O I] y los débiles en [O I] a los que llamaron objetos de transición, por tratarse claramente de un caso intermedio entre las regiones H II y los LINERs convencionales. En primer lugar, pudieron reproducir todas las características espectrales, a excepción de las líneas de [S III], con fotoionización por un continuo no estelar y parámetros de ionización de entre 10^{-3} y 10^{-1} , para abundancias solares. La dispersión en algunos cocientes de líneas fue atribuida en muchos casos a incluir en la muestra objetos de transición, y corregida al variar parámetros como la densidad y la dureza (índice espectral) del continuo ionizante. Valores para $\log U = -3.5$ y $\alpha = -1$ a -2 , reprodujeron el cociente $He II / H\beta$, que es independiente de la densidad en un amplio rango de valores, y consiguieron también predecir el cociente de $[N I] / [N II]$ observado. Los autores señalan sin embargo, que tomar una ley sencilla de potencias puede ser una sobresimplificación, y que un modelo de cuerpo negro con una cola extendida hacia los rayos X (Viegas-Aldrovani y Gruenwald, 1990) consigue también buenos resultados para algunos cocientes. Por otro lado, la presencia de una componente ancha de $H\alpha$, y de emisión compacta en rayos X y radio, así como la presencia de un jet en radio en NGC 315, apoyan las similitudes entre LINERs y NAG clásicos.

Alrededor de un 15% de los objetos estudiados son objetos de transición, "mal" catalogados como LINERs. Para HFS, estos objetos son sistemas compuestos formados por una nebulosa excitada tanto por estrellas calientes tipo O ($M > 40 M_{\odot}$) como por radiación no estelar, o mezclas de regiones H II y nebulosas excitadas por radiación no estelar. La identificación de estos objetos de transición con brotes está apoyada por el hecho de que ésta clase de objetos tienden a estar presentes en galaxias de tipo de Hubble tardío, y a exhibir más raramente una BLR que los LINERs puros (ver sección 2.4.3 y Heckman, 1996). La presencia de continuos azules, largas concentraciones de gas molecular en el núcleo (NGC 3504) y otras firmas de estrellas jóvenes (Mrk 298 y Kaz 26), una componente ancha de He II distintiva de estrellas Wolf-Rayet (de las que se habla más adelante) en NGC 6764, o una alta luminosidad en el infrarrojo en NGC 4569, apoyan esta especulación, y la división entre LINERs y objetos de transición basándose en la fuerza relativa entre la componente de LINER y la de las estrellas jóvenes. Una variante propuesta a fotoionización por estrellas tipo O se debe a Binnete et al. (1994), y en ella estrellas calientes y evolucionadas de baja masa (estrellas evolucionadas de la rama asintótica de las gigantes) deberían producir suficientes fotones ionizantes como para generar las líneas de emisión en LINERs débiles.

Modelos que consideran únicamente estrellas como fuente de excitación para LINERs y que ya habían sido mencionados, han seguido siendo desarrollados en años recientes por Terlevich et al. (1992) y Shields (1992). En ellos, se supone que la NLR tiene muchas componentes con diversos rangos de densidades y parámetros de ionización. Al fijar el campo de radiación y la distancia entre el continuo ionizante y la NLR, es necesario recurrir a valores para U tan pequeños como $10^{-5.5}$ a 10^{-6} , con densidades aumentando de 10^3 hasta $10^6 / \text{cm}^3$ para ajustar los valores observados para cocientes como $[\text{O I}] \lambda 6300 / \text{H}\alpha$, pero entonces se entra en conflicto con otros cocientes observados. La correlación entre ancho y densidad crítica para las líneas también va en contra de estos modelos.

Una alternativa interesante es que el continuo ionizante fuera producido por estrellas Wolf-Rayet muy calientes y luminosas, que evolucionarían de estrellas inicialmente muy masivas ($M > 60 M_{\odot}$) en regiones H II ricas en metales. Un brote fuerte podría producir estas estrellas después de unos pocos millones de años, y éstas a su vez producirían un continuo con índice espectral -1.5 en los modelos más simples. Los modelos dependen evidentemente del número de estrellas calientes y la edad del cúmulo central. Esta hipótesis implicaría, en vista de que los LINERs parecen ser extraordinariamente comunes, que la mayor parte de las galaxias tempranas se hallaran en esta fase post-brote capaz de producir estrellas WR, y aún no se han identificado núcleos de galaxias tempranas cuyo espectro esté dominado por regiones H II normales, que tendrían que ser los precursores de los LINERs en este esquema.

Los modelos de excitación por choques han cobrado un nuevo ímpetu recientemente con los trabajos para LINERs de Dopita y Sutherland (1995). Tal parece que modelos de choques de altas velocidades, capaces de producir fotones energéticos que fotoionizarían gas no chocado, podrían ser exitosos en el caso de los LINERs extendidos, pero no así en el caso de los LINERs compactos, que son más comunes. Los mecanismos que darían lugar a los choques provocarían emisión extendida, del orden de 2 kpc. Para regiones del orden de 200 pc., los modelos aún no están suficientemente desarrollados.

Vale la pena mencionar que el problema principal que afrontan los modelos de choques es que por estar basados en modelos desarrollados para choques rápidos, su aplicación para núcleos galácticos con una baja dispersión en velocidad, parece cuando menos dudosa. Otras dificultades radican en que

no toman en cuenta la estratificación de densidades hallada en muchos NAGs, no hacen predicciones sobre la emisión UV y en rayos X de los LINERs, y no explican la presencia de fuentes de radiación ionizante puntuales. Un adelanto en este escenario puede ser la sugerencia debida a Spinoglio y Malkan (1992), que descubrieron ciertos cocientes de líneas del mediano infrarrojo, que servirían como rastreadores de choques.

El panorama más reciente, derivado de la reunión sobre LINERs celebrada en Baltimore a finales de 1995, establece que entre los LINERs podríamos hallar tres fenómenos diferentes (Heckman, 1996): los más débiles se deberían a gas en la región central de galaxias tempranas irradiado por una población de estrellas calientes post- brote pertenecientes a la rama asintótica de las gigantes (estrellas centrales de nebulosas planetarias); los objetos de transición serían probablemente núcleos con brotes estelares con mucho polvo y ricos en metales (el gas sería fotoionizado por el campo de radiación difusa del brote o por choques de un supervientos que fluyeran hacia afuera del núcleo); mientras que los LINERs en los que se ha encontrado evidencia de una BLR serían auténticos NAGs de baja luminosidad, y buenos candidatos para *cuasares muertos* (agujeros negros acretando a tasas por debajo del límite de Eddington). Heckman propone que la investigación se aboque a obtener espectros multifrecuencias de alta resolución en los LINERs más cercanos, y de hecho revisa las propiedades de tres de ellos: NGC 253, M 31 y M 81.

2.4 Propiedades multifrecuencias del continuo en Seyferts y LINERs.

2.4.1 Rayos X

La mayor parte de los estudios realizados sobre emisión de galaxias en rayos X comprenden la banda de energía de entre 0.2 y 4.5 keV, banda conocida como rayos X suaves, ya que es en esta banda donde han operado los satélites ROSAT y Einstein (véase sección 3.3). Sólo el satélite japonés GINGA ha recopilado fotometría reciente en la banda de los rayos X duros (energías entre 2 y 10 keV), pero no existen aún estudios que aborden esta emisión en NAGs poco luminosos, tal vez por la dificultad que representa su detección en estos objetos. Por ello, todos los trabajos citados en los siguientes párrafos se refieren a rayos X suaves. De hecho, el presente trabajo tampoco pudo abordar la emisión en rayos X duros en los LINERs dada la mínima cantidad de información disponible (sólo existían detecciones de rayos X duros en 5 de los 219 LINERs recopilados por lo que su inclusión para efectos de un estudio estadístico grande fue considerada irrelevante).

La interpretación ortodoxa del continuo de rayos X suaves es que se trata de un continuo no térmico, ya sea que se trate de radiación sincrotrónica primaria, o reprocesada por dispersión de Compton de longitudes de onda mayores. La coincidencia de la forma de este espectro con la de la radiación sincrotrónica en radio, se considera evidencia a favor de esta interpretación. Un hecho que sí se conoce con claridad es que la luminosidad en la banda de rayos X suaves, no está correlacionada linealmente con la luminosidad en el óptico, aunque sí son proporcionales. Esto indica un cambio sistemático en la forma en que el espectro continuo se relaciona con la luminosidad, esto es, que el índice espectral podría hacerse más inclinado al aumentar la luminosidad del objeto. El estudio del continuo de los

NAGs en rayos X también debe contribuir al esclarecimiento del gran misterio de la radiación de fondo en rayos X. Esta radiación de fondo muestra un espectro térmico definido que tiene su pico alrededor de los 10^8 K. Si todos los NAG tuvieran el mismo espectro de ley de potencias con índice -0.7 en los rayos X, ninguna combinación de cuasares con o sin evolución podría modelar esta radiación de fondo. Por ello resulta importante conocer las características espectrales de los NAGs menos luminosos que dominan por número los conteos.

En las galaxias normales, la emisión en rayos X suaves está asociada a un gran número de fenómenos y de fuentes individuales: estrellas binarias, remanentes de supernovas, emisión térmica del medio interestelar calentado por las remanentes, etc. Se conoce bien que la emisión en rayos X suaves está bien correlacionada con la emisión en el azul, cercano (H) y lejano infrarrojo (Fabbiano, Gioia y Trinchieri, 1988). Las espirales de tipo temprano tienden a ser muy luminosas en estos tres regímenes para una emisión en radio dada, comparadas a las espirales tardías. Todos estos hechos sugieren que los rayos X suaves se originan en la población normal del disco y los brazos en el caso de las espirales tardías, y que es en el bulbo donde se originan en mayor medida en las espirales tempranas (Fabbiano y Trinchieri, 1985). En el caso de los NAGs, hay evidencia que también data de hace más de una década de que las luminosidades para rayos X duros y blandos van de mayor a menor, desde las Seyfert 1 hacia las Seyfert de tipos intermedios, las galaxias de líneas delgadas y las Seyfert 2 (Wiita, 1985; Lawrence, 1987).

Un estudio importante en el campo, es el dedicado a la radiación en rayos X de espirales normales y espirales con baja actividad nuclear debido a Giuricin et al (1991) y que trabajó con datos recopilados del Einstein (esto es, en la banda de rayos X suaves). En primer lugar, es encontrada una correlación significativa entre $\log(L_x / L_b)$ y $\log(W)$, donde W es el ancho equivalente de la línea de $H\alpha$, parámetro considerado como un buen rastreador de formación estelar masiva. La existencia de esta correlación sólo refleja según los autores, el hecho de que la intensidad de la emisión de $H\alpha$ está ligada a la emisión del continuo en radio, que está a su vez ligada a la emisión en rayos X. (Esto los lleva a concluir que la emisión en rayos X está asociada a población del disco, especialmente para el caso de espirales tardías.) Por otro lado, el trabajo no encuentra diferencia significativa entre el logaritmo de este cociente de luminosidades para las galaxias H II y los LINERs. Otros resultados importantes incluyen que las espirales barradas y las no barradas tienen cocientes de luminosidad en rayos X sobre el óptico similares; y que aunque las Seyfert 2 son emisoras más fuertes de rayos X que las espirales normales, tienen cocientes de luminosidad de rayos X sobre el radio normales. También confirman que las galaxias involucradas en interacciones tienen un exceso en su emisión en rayos X respecto a las normales.

En un estudio de 5 NAGs de baja luminosidad debido a Koratkar y colegas (1995) que ya habíamos citado, observaciones con el ROSAT (que también cubre la banda de los rayos X suaves) revelaron que la emisión en rayos X está mayoritariamente confinada al núcleo (una región de radio menor a los 500 pc.) , y confirmaron nuevamente que la correlación entre la luminosidad en rayos X y $H\alpha$ que se observa en cuasares y Seyfert 1 se extiende a NAGs de baja luminosidad.

2.4.2 El ultravioleta

Las observaciones en el UV son quizás la pieza clave en el rompecabezas de los NAGs. Por un lado, la detección de emisión no térmica es mucho más sencilla en esta región, dado que el continuo estelar cae abruptamente en el UV. Por otro, la intensidad de líneas de diagnóstico importantes como C IV y He II puede medirse para tratar de discernir entre calentamiento por choques y modelos de fotoionización. Pese a estos hechos, los estudios de LINERs en el UV apenas empiezan, y de hecho han sido escasos y han abarcado pocos objetos en los últimos años.

Uno de los primeros estudios se debe a Reichert et al. (1992) y partió de observaciones de alta calidad obtenidas por el IUE de NGC 3998, NGC 4579, NGC 404, NGC 4594 y M 81. En primer lugar, el estudio pudo distinguir en los objetos dos componentes espectral y espacialmente distintas: una compacta y una extendida. Ninguna línea de emisión fue observada en la componente extendida; su espectro resulta estar dominado por estrellas de tipo F y G. En cambio, el espectro de la componente nuclear resulta ser mucho más azul, lo cual es consistente con la idea de que este espectro está dominado por estrellas más jóvenes y más calientes que aquellas que dominan la luz de la componente extendida, estrellas que se habrían formado en los últimos 10^7 a 10^8 según la evidencia aportada por las líneas de absorción de Balmer y de Fe II encontradas, y que delatan la presencia de supergigantes azules. El espectro de líneas resultó ser en general parecido al de los NAGs, excepto por algunas líneas como [Si III] y [C II] que resultaron más intensas en los LINERs. Al comparar las observaciones espectrales con los modelos teóricos Reichert y colegas encontraron que el espectro ionizante debía ser más duro que $\nu^{-1.5}$, o bien el gas que emite las líneas ultravioletas está *viendo* un parámetro de ionización mayor al que ve el gas que emite las líneas ópticas.

En 1993, Kinney et al. elaboraron un atlas en el UV de las regiones centrales de 143 galaxias, al recopilar 387 espectros de baja resolución de los archivos del IUE. El atlas permitió comparar los espectros UV de espirales normales, galaxias compactas enanas azules, Seyfert 2, LINERs y galaxias de brote. El estudio encontró que las espirales de tipo de Hubble tardío muestran mayores flujos a longitudes de onda UV más cortas, que las espirales de tipo temprano. La comparación del espectro UV de LINERs con el de espirales normales los llevó a establecer que el continuo UV de los LINERs está dominado por el continuo de la galaxia; mientras que las Seyfert 2 tienen un continuo azul adicional y líneas de emisión, revelándose el espectro UV de la galaxia huésped sólo hacia las longitudes de onda mayores. En contraste, galaxias de brote y enanas compactas azules presentan un continuo plano o que se inclina hacia las longitudes de onda cortas, con un amplio rango en el índice espectral.

Un estudio más reciente (Maoz et al., 1995) obtuvo imágenes UV para 110 núcleos galácticos con el telescopio espacial Hubble. Entre las 9 galaxias más brillantes en el UV, Maoz y colegas se abocaron al estudio de los cinco que resultaron ser LINERs, la mayoría de los cuales ya habían sido observados por el IUE con anterioridad. Uno de los objetivos más ambiciosos del trabajo fue poner a prueba la hipótesis de que estos LINERs brillantes en el UV fueran fotoionizados. Para ello, se supuso que el continuo UV podía extrapolarse a partir de la medición en 2,270 Å, por una ley de potencias de índice -1. Se encontró que habría suficiente flujo como para justificar la intensidad de las líneas y además explicar parte del continuo UV como proveniente de estrellas en un escenario que combinaría NAGs con un cúmulo estelar nuclear. Una predicción de los modelos de choques es que muy poca radiación UV debe producirse ya que en este caso la excitación es mayormente mecánica, por lo que la detección

de fuentes brillantes de UV en el 20 % de los LINERs de la muestra constituye evidencia en contra de esta hipótesis, al menos para estos objetos. Maoz y colegas también probaron que la ausencia de fuentes UV en el resto de sus objetos no se debería a efectos de selección.

El estudio también encontró una correlación entre el flujo UV y el flujo de $H\alpha$, y por otro lado, que el rango en los flujos de $H\alpha$ es igual para los objetos fuertes en el UV que para los que resultaron no serlo. La ausencia de diferencias espectrales entre los LINERs UV-fuertes y los LINERs UV-débiles hace suponer a los autores que todos los LINERs podrían estar fotoionizados siendo el continuo UV oscurecido en nuestra línea de visión en el 80% de los casos, o bien que el continuo UV sería variable y estaría *apagado* el 80% del tiempo.

Un nuevo estudio en el UV con el telescopio Hubble realizado por Barth, Ho y Filippenko (1996) confirmó la tendencia de los resultados de Maoz et al. y encontró además que la detección de una fuente UV es mucho más probable en galaxias con una baja inclinación respecto al observador. Como además en muchos casos, las imágenes ópticas mostraron franjas de polvo que podrían ser las responsables del oscurecimiento del núcleo, la conclusión final de este trabajo es que las diferencias entre LINERs UV-fuertes y UV-débiles se deberían en gran parte a oscurecimiento. Sobra decir que hacen falta muchísimas más observaciones y estudios que involucren a un mayor número de objetos, ya que la detección de la componente no térmica en los LINERs a través del UV es ya un hecho tecnológicamente posible gracias al telescopio Hubble.

2.4.3 El óptico

La característica más notable del continuo óptico en los NAGs más luminosos es que la ley de potencias que se esperaría que siguiera la emisión generada por un mismo proceso físico, de pronto empieza a "aplanarse". Esto es, que tras seguir una ley de potencias con índice espectral -1, desde el infrarrojo hasta alrededor de los 1,000 Å, el continuo muestra superpuesto un exceso de emisión entre los 2,000 y los 4,000 Å. Este fenómeno es conocido como la *gorroba azul* y provoca que en esta región el continuo se ajuste mejor a una ley de potencias con índice -0.5. Este exceso tiene su máximo hacia los 2,500 Å y es asociado generalmente a emisión térmica con una temperatura característica de 10,000 K que se atribuye a un disco de acreción. La variabilidad en este exceso revelaría en este cuadro cambios en la alimentación de gas al disco. El continuo subyacente a esta gorroba, estaría asociado a radiación sincrotrónica, ya que fotones de alta energía pueden ser producidos por interacción con electrones relativistas, lo cual puede producir incluso fotones de rayos X a partir de fotones con frecuencias en el radio; este fenómeno es conocido como mecanismo Compton inverso.

Sin embargo, los estudios en esta región suelen centrarse en las líneas de emisión, a las cuales se trata de sustraer el continuo subyacente, precisamente porque en base a las intensidades, anchos y cocientes relativos de estas líneas, se clasifican los NAGs observacionalmente. El estudio basado en el muestreo de Palomar (Ho, Filippenko y Sargent, 1997), del que ya se habló en la sección 2.2 ha arrojado muchísima información sobre las semejanzas y diferencias de las líneas de emisión entre Seyferts (tipos 1 y 2) y LINERs. Uno de los resultados aparentemente más desconcertantes es que la distribución de luminosidad de $H\alpha$ para Seyferts y LINERs es muy parecida; ambas tienen una mediana que corresponde a $L(H\alpha) = 6 * 10^{38}$ erg / s. Esto podría interpretarse como que Seyferts y LINERs tienen niveles similares de actividad, pero faltaría para ello que la relación continuo- líneas que obedecen los NAGs más luminosos prevaleciera para los LINERs, y hay muchísima evidencia, incluida

la que presenta este trabajo, de que las distribuciones espectrales de energía son muy diferentes. Si bien las características globales de las galaxias huésped son indistinguibles ópticamente para Seyferts y LINERs, esto parece dejar claro que la luminosidad del núcleo no es útil para explicar el nivel de ionización, contrario a los esquemas más sencillos que se han manejado por años.

Otras diferencias importantes en las líneas entre Seyferts y LINERs indican que las NLR de estos últimos tendrían densidades más bajas, enrojecimientos más bajos, anchos de línea mayores y mayor estratificación en sus densidades (de 15 a 20% de los LINERs mostraron evidencia de esta estratificación, contra 10% de las Seyfert). El mayor enrojecimiento en Seyferts que en LINERs, aunado a que no se encontró que hubiera una diferencia significativa entre las inclinaciones de los núcleos de ambos tipos hacia nosotros, apunta en el sentido de que hay diferencias intrínsecas en las condiciones físicas de las NLR. Por otro lado, se han estudiado poco los perfiles de las líneas en LINERs, pero Ho y sus colegas encuentran que LINERs y Seyferts exhiben tendencias similares en sus asimetrías, y que cuando éstas existen, la asimetría es preferencialmente hacia el azul.

La presencia de una componente ancha de H α (y entonces de una BLR) en el 25% de los LINERs de Palomar, y la diferencia entre los anchos de línea de Seyferts, LINERs y objetos de transición proveen las pistas más importantes en la discusión sobre la verdadera naturaleza de los LINERs. Sobre la diferencia entre LINERs puros y objetos de transición, Ho y colegas especulan que por lo menos algunos de los objetos de transición podrían ser LINERs altamente inclinados, de manera que las regiones de formación estelar circumnuclear estarían proyectadas hacia la línea de observación. Este escenario favorecería el panorama en el cual esta formación estaría confinada a una geometría de anillo o disco alrededor del núcleo. Sobre los anchos de las líneas, retomamos la propuesta de Whittle (1992) que dice que ya que las líneas nebulares provenientes de la NLR deberían reflejar el potencial gravitacional de la región central, velocidades en exceso a las previstas, reveladas por las líneas, tendrían que asociarse a un mecanismo adicional de aceleración como jets de radio emanando del núcleo. En el caso de los LINERs, Ho et al. especulan que tal vez choques generados como consecuencia de este mecanismo energético adicional, explicarían las diferencias espectrales entre LINERs y Seyferts, o bien que el ancho de las líneas reflejaría diferencias en la concentración central de masa.

2.4.4 El infrarrojo

El estudio del continuo infrarrojo es una de las posibilidades más reveladoras en el estudio integral de los NAGs, tanto por la gran cantidad de observaciones confiables de las que se dispone, como por los procesos térmicos que pueden ser rastreados por su efecto sobre esta región espectral.

Las mediciones en el infrarrojo se dividen en las realizadas en el cercano infrarrojo (CIR) en las bandas J, H, K, L y N del sistema de filtros de Johnson que corresponden a una longitud de onda de 1.2, 1.65, 2.2, 3.4 y 10 micras respectivamente, y las realizadas en el mediano (MIR) y lejano infrarrojo (FIR) en las bandas del satélite IRAS de 12, 25, 60 y 100 micras (véase sección 3.3.4). En el caso de los cuasares, la radiación infrarroja puede ser modelada casi enteramente por una ley de potencias con índice espectral -1. Cuando se encuentran espectros más inclinados, se atribuye a polvo frío que re-irradia energía absorbida de longitudes de onda más cortas (UV), o en el caso de algunos blazares a radiación sincrotrónica de electrones aún más energéticos.

En el caso de galaxias Seyfert, la reemisión de polvo caliente es una componente importantísima. El problema de separar las componentes térmicas de las no térmicas se vuelve especialmente complejo en el rango de las 1 a 3 micras del CIR, ya que además intervienen ahí no sólo polvo caliente, sino la emisión fotosférica de estrellas de diversas temperaturas. Las planckianas de estrellas que estén a unos miles de grados Kelvin, que son muy importantes por número más que por masa, pueden resolverse en muchos casos en esta región espectral, mientras que las estrellas masivas serán igualmente determinantes en el óptico y el UV. El polvo será importante en el mediano (12 y 25 micras) y lejano IR (60 y 100 micras), y su importancia irá disminuyendo abajo de las 3 micras, porque las planckianas características ahí excederán los 2,000 K, temperatura arriba de la cual los granos de polvo se destruyen por completo. En el caso particular de las galaxias de brote, Mouri, Kawara y Taniguchi (1997) recientemente han sugerido que la emisión en el MIR provendría de granos grandes y calientes (> 100 K) calentados adentro de las regiones H II y granos pequeños calentados por fotones no ionizantes afuera de las regiones H II, mientras que el FIR se debería a granos templados (30- 50 K) calentados por fotones no ionizantes afuera de las regiones H II.

Hasta 1988, la evidencia apuntaba que la reradiación por polvo de luz de estrellas jóvenes dominaría el cercano infrarrojo en las Seyfert 2, mientras que la ley de potencias lo dominaría para el caso de las Seyfert 1; y que el lejano IR sería dominado en ambos casos por radiación no térmica (Edelson y Malkan 1986, Hunt 1991). En 1988, un estudio de 195 galaxias Seyfert 2 del catálogo de Veron-Cetty y Veron realizado por Dultzin-Hacyan, Moles y Masegosa asoció a la emisión en 25 micras con el núcleo de las galaxias, al encontrar una correlación entre la luminosidad a 25 micras (L_{25}) y la luminosidad de la línea de emisión nuclear H β ($L_{H\beta}$), y concluyó que esto se debería a una mayor tasa de formación estelar circunuclear en Seyfert 2 que en espirales normales, y que las Seyfert 2 serían indistinguibles en este aspecto de las galaxias con brotes nucleares. Un estudio de 1990 de los mismos autores con 150 galaxias H II concluyó que la emisión en 25 micras se debe a polvo de alrededor de 100 K calentado básicamente por el flujo ionizante de estrellas de tipo O y B tempranas, que esta emisión sería la más claramente asociada a eventos recientes de formación estelar, y que la emisión en el lejano IR se debería a polvo calentado por estrellas de masa intermedia (probablemente estrellas viejas del disco). También hallaron que el exceso en el flujo en 25 micras sobre el flujo en 100 micras, es similar en galaxias H II, SB y Seyfert 2.

Un diagrama de colores del CIR para diez Seyfert 2 y cuatro galaxias con brotes de formación estelar reciente, aunado a una fuerte correlación entre el CIR y el FIR (Dultzin-Hacyan y Benítez, 1994) trajo nuevas aportaciones al problema, ya que el polvo sólo no podía explicar tanto los colores como la correlación encontrada. En la fase inicial de un brote, la luz estaría dominada por las estrellas supermasivas, azules y calientes de tipos O y B que evolucionan rápidamente (el pico de la emisión estaría en 25 micras y al evolucionar las estrellas, se movería hacia 60 micras). En esta fase inicial, los colores de la galaxia serían similares a los de las BCDG (Blue Compact Dwarf Galaxies: galaxias azules enanas y compactas). Una fase post-brote estaría dominada por la re-radiación del polvo, lo que explicaría los colores rojos (con respecto a espirales normales) de las Seyfert 2 y las galaxias de brote. En el diagrama de colores, se encontró también que la emisión estaba lejos de ser como una ley de potencias. Si el polvo puede conciliar los colores rojos encontrados, una correlación CIR- FIR sólo puede explicarse si coexisten estrellas calientes con estrellas frías y rojas que dominarían la emisión en las bandas J y H donde el polvo no es detectable porque se habría evaporado. En una fase post-brote se daría precisamente esta situación, y se conciliarían ambas observaciones (ver también el trabajo de Ohya y Taniguchi, 1996).

Desde 1985, la radiación infrarroja en la cola de baja luminosidad había sido estudiada por Lawrence et al., quienes encontraron que los LINERs tienen excesos fuertes pero planos en el rango de 10 a 20 micras, mientras que están dominados por radiación estelar en el rango de 1 a 5 micras. En contraste, las Seyfert 2 y las galaxias de brote mostraban espectros planos hasta 5 micras (donde sin embargo ya intervendría el polvo), que se inclinaban y crecían rápidamente entre 10 y 20 micras. Para los autores, el exceso en 10 micras de los LINERs aunado a la ausencia de emisión en 5 micras, significaría que hay relativamente *poco* polvo caliente y apoyaría la hipótesis de la existencia de una componente no térmica por muy débil que ésta fuera.

Toda la cola de baja luminosidad de los NAGs de la cual se ha hablado, fue analizada en el IR en un estudio de Vaceli et al (1993) realizado con Seyfert 2, NLRG y LINERs. Partieron de la base de que el continuo infrarrojo puede ser representado por una composición de componentes térmicas y no térmicas, cuyo número se determina por el número de ajustes necesarios para reproducir el espectro observado de cada galaxia. Vaceli y sus colegas encontraron que el continuo IR no está contaminado por líneas de emisión, y que las componentes térmicas más frías dominan el espectro infrarrojo de las Seyfert 2 y pueden ser asociadas a granos de polvo, mientras que las componentes térmicas calientes representarían a la población estelar M y K de la galaxia. Habría una componente de ley de potencias subyacente, pero no dominante en la mayoría de los casos, y la secuencia de luminosidad en el IR, que empezaría con las Seyfert 2 como las más luminosas, seguidas por las NLRGs, SBGs y los LINERs, estaría asociada a la cantidad de polvo presente en cada núcleo. En el siguiente apartado se seguirá tratando el continuo del lejano IR junto al continuo en radio.

2.4.5 El radio

En el trabajo seminal de Heckman en 1980, se habló de que una fuente compacta nuclear de radio puede ser encontrada con mayor facilidad entre los LINERs que entre las galaxias *normales*. Sin embargo, la potencia en radio representa una fracción despreciable de la luminosidad bolométrica de un LINER (véase el orden de magnitud de la luminosidad en radio encontrado para los LINERs del presente trabajo en la sección 5.2, comparado a las luminosidades encontradas en otras regiones espectrales); por tanto, las fuentes de radio sólo pueden considerarse indicativas de importantes procesos energéticos (Condon, 1996). La emisión en radio puede achacarse a un NAG, a un brote estelar o a ambos, y puede ser de naturaleza térmica o no. Esto hace el escenario muy complejo, aunque por otro lado está a favor de la emisión en radio el hecho de que aún los objetos con mucho polvo son prácticamente transparentes en longitudes de onda que van de los cm. a los mm, lo cual significa que es virtualmente imposible que una fuente de radio esté oculta. También debería de significar que somos capaces de ver en los núcleos con suficiente resolución espacial como para distinguir entre brotes nucleares y NAGs. Pero la realidad es, hasta el momento, bien distinta. Los estudios no han sido capaces de distinguir en muchos casos estas fuentes compactas, que para Heckman se distinguirían por un espectro complejo y relativamente plano de origen sincrotrónico, y un tamaño angular del orden de milisegundos de arco (un caso que si se ajusta a este requerimiento es el del LINER prototípico NGC 1052).

En el artículo de revisión ya citado de J.J. Condon, éste trata de establecer las observaciones de radio y el lejano IR que nos deben permitir distinguir entre galaxias de brote y un verdadero NAG. Las frecuencias $\nu < 30$ GHz., rango en el que se realizan gran parte de las observaciones, se consideran

dominadas por emisión no térmica de índice espectral $\alpha = 0.8$ proveniente de electrones relativistas que podrían ser acelerados por remanentes de supernova de estrellas masivas ($M > 8 M_{\odot}$). Entre los 30 y los 200 GHz, la componente más fuerte sería un espectro plano proveniente de emisión libre-libre en regiones H II fotoionizadas por las estrellas más masivas, y que estaría caracterizada por una temperatura de brillo que cae por debajo del límite de detección de los telescopios existentes. Las estrellas del orden de 5 M_{\odot} serían las responsables de calentar el polvo cuya emisión tendría un pico entre las 60 y 100 micras en el lejano IR. Hasta aquí, todos estos fenómenos, térmicos y no térmicos, tendrían de cualquier manera un origen estelar, y explicarían la correlación casi siempre presente entre las emisiones en radio y en el lejano IR. Entonces, ¿qué observaciones nos podrían hablar de un origen diferente asociado a un NAG?

La emisión libre-libre limita la temperatura total de brillo producida por un brote a una temperatura electrónica del orden máximo de 10^5 K. Un NAG, en contraste, puede tener cualquier temperatura de brillo. Los núcleos galácticos que no obedecen la correlación entre FIR y radio no pueden contener sólo estrellas; un NAG debe proveer el exceso en radio. Fuentes de radio nucleares de vida larga y temperaturas de brillo $> 10^5$ K por arriba de $\nu = 1$ GHz, son demasiado brillantes como para estar alimentadas únicamente por estrellas. Hasta cierto punto, el puro continuo FIR, puede, según Condon, ayudar a distinguir entre brotes y NAGs: La temperatura superficial de los brotes ultraluminosos en frecuencias del FIR nunca supera los 80 K, mientras que un NAG de luminosidad comparable puede calentar una pequeña cantidad de polvo circumnuclear hasta temperaturas relativamente altas, por lo que fuentes que tengan índices α entre 25 y 60 micras < 1.5 poseen con mucha probabilidad un NAG (de Grijp et al. 1985). Si los cocientes de flujos en FIR y en radio deben proveer información importante para discernir entre brotes y NAGs, este trabajo debe complementarse con un estudio sistemático y de alta resolución de una muestra completa de LINERs cercanos que permita caracterizar sus propiedades en el radio. Tal vez lo más extraño es que este estudio no se haya realizado aún, considerando que existe la tecnología necesaria desde hace años.

2.4.55 Calidad de las observaciones en las diferentes regiones espectrales.

En septiembre de 1995, durante una reunión que tuvo lugar en Baltimore, T.M. Heckman resumió la situación observacional de los LINERs de la siguiente manera:

El óptico es ahora una región en la que existen estudios confiables de LINERs gracias a los resultados del muestreo de Palomar de Filippenko, Ho y Sargent, recientemente completado (y aún en vías de publicación). En el UV, observaciones con el telescopio espacial Hubble de Maoz y Barth han permitido encontrar en algunos LINERs las fuentes compactas de UV que podrían esperarse si éstos son microcuasares. Los resultados en este régimen para M81, que se detallan en la próxima sección, son igualmente importantes. Las observaciones en radio son tal vez las más raquíticas de todas, pese a existir tecnología confiable para llevarlas a cabo, lo cual seguramente se hará pronto. También está apenas iniciándose la documentación de las propiedades de los LINERs en rayos X. El problema con ROSAT por ejemplo, es que aunque posee buena resolución espacial, no provee de información espectral que sea especialmente útil. Habrá que esperar los resultados del AXAF para completar la distribución espectral a altas energías y buscar signos inequívocos de ~~emisión~~ ~~no~~ estelar. En el IR, por otro lado, el IRAS tendría una resolución angular ~~inadecuada~~ para estudiar el verdadero núcleo de las galaxias, aunque la información del IRAS sea la más extensiva y homogénea de la que se dispone.

2.4.6 Estudios en multifrecuencias.

El presente trabajo pretende abarcar el estudio integral del espectro de los LINERs, y el significado físico que pudiera tener la relación o falta de relación de los diferentes rangos del espectro entre sí. El enfoque de esta clase de estudios fue planteado por T. Courvoisier en 1994: la emisión está compuesta por una serie de componentes, cada una de las cuales involucra un número de parámetros que aún no pueden ser deducidos directamente de un sólo modelo completo y auto-consistente. Sin embargo, dice Courvoisier, las observaciones permiten identificar el origen físico de la mayoría de las componentes, ya que las correlaciones entre las curvas de luz halladas permiten constreñir la interpretación de este origen.

Courvoisier hace una valiosa revisión de las correlaciones más importantes conocidas hasta entonces. Las más estudiadas serían las que ligan al continuo UV ionizante con las líneas anchas de emisión. Estos estudios se han abocado extensivamente a medir el lapso de tiempo entre la variabilidad en el continuo UV y la correspondiente variabilidad en el continuo óptico (Courvoisier y Clavel, 1991; Peterson et al., 1993; Korista et al., 1995). El resultado encontrado para 5 objetos reportados parece desconcertante, ya que ambos continuos parecen variar juntos, sin intervalos significativos de tiempo entre sí. El infrarrojo milimétrico y el radio también parecen variar conjuntamente en algunos objetos como 3C 273 (Robson et al., 1993). La emisión infrarroja en objetos radio-callados es comúnmente interpretada como polvo calentado por el continuo UV. El hecho de que el polvo frío se localice más lejos de este continuo que el polvo caliente (Barvainis, 1990), hizo esperar que el intervalo de respuesta entre la actividad en el UV y el infrarrojo se incremente con la longitud de onda, hecho que también ha sido observado (Clavel et al., 1989). La correlación entre rayos X y el UV es también bien conocida, y se atribuye a que mucha de la energía radiada en el UV sería en realidad energía térmicamente reprocesada de la componente de rayos X (Clavel et al., 1994).

Una contribución importante al estudio multifrecuencias, se debe a Mas-Hesse et al. (1994), quienes se abocaron a analizar las propiedades desde el radio hasta los rayos X de una muestra de 110 galaxias cuya actividad comprendía Seyferts 1 y 2, QSOs y galaxias de brote. Para este efecto, Mas-Hesse y colegas compararon diversos cocientes de luminosidad para estos 4 tipos de objetos: la luminosidad en rayos X suaves (L_{sx}) sobre la luminosidad en 60 micras y sobre la luminosidad en el UV (a 1450 Å - L_{uv}), la luminosidad en rayos X duros sobre la luminosidad en rayos X suaves, y la luminosidad en la banda V del óptico sobre la luminosidad en el UV. En el presente trabajo, se insertó a los LINERs en la comparación, por lo que se volverá a ella en el capítulo 5. Esta comparación permitió a Mas-Hesse et al. por ejemplo, poner a prueba los modelos unificados para galaxias Seyfert (véase sección 1.6). Encontraron, por un lado, que aunque los colores en el lejano infrarrojo sugieren la presencia de una componente no térmica en algunas Seyfert 2, los cocientes L_{sx} / L_{uv} y L_{uv} / L_v medidos son sistemáticamente más bajos a las predicciones de estos modelos unificados. Al comparar pues la distribución de energía del continuo entre ambos tipos de Seyfert, hay una carencia sistemática de emisión en rayos X y UV en las Seyfert 2, lo cual hace necesario fuentes adicionales de energía para reconciliar a las observaciones con el modelo en el cual las Seyfert 2 no serían sino Seyfert 1 oscurecidas.

Buena parte de los investigadores arriba mencionados regresaron sobre el problema con un estudio más extensivo sobre las propiedades de esta misma muestra en 1995. En este nuevo trabajo, se realiza un análisis de componentes principales tomando como variables diferentes cocientes de luminosidades.

El análisis de componentes principales se tratará con detalle en la sección 5.3 y el apéndice 2, pero basta de momento decir que mediante la configuración de un nuevo espacio de variables que trata de reducir la dimensionalidad del problema, el análisis busca encontrar el peso de determinadas componentes con respecto a las otras al trabajar con un gran número y diversidad de objetos. El análisis en este caso permite discriminar claramente entre 2 clases de objetos: aquellos cuya emisión está dominada por la joroba azul (QSOs y Seyfert 1) y aquellos cuya emisión está dominada por el lejano infrarrojo (Seyfert 2 y galaxias con formación estelar). En el modelo estándar de los NAGs, esta diferencia estaría explicada por la masa del objeto compacto central: entre más masivo sea éste, el disco de acreción emitirá una *joroba azul* más ancha y fría (de manera que la radiación de ésta se volverá más suave). En otras palabras, es conocido que para Seyferts 1 y cuasares, entre más débil sea la joroba, más duro se hace el espectro (más dominado por radiación sincrotrónica). Mas- Hesse y colegas encuentran que las Seyfert 1 y 2 son estadísticamente diferentes en todos los cocientes de luminosidad estudiados, que ahora incluyen además L_{SX} / L_{FR} , L_{HX} (la luminosidad en rayos X duros - en el rango 2 a 10 KeV) / L_{SX} , y L_{HX} / L_{FR} . Los números de estos cocientes y su comparación con LINERs se incluyen en la sección 5.2. La inclusión de rayos X duros en ese trabajo, les permite concluir que la luminosidad en este rango de frecuencias en las Seyfert 2 sería de origen no térmico, mientras que la luminosidad en el UV estaría dominada por emisión extranuclear de regiones de formación estelar, lo cual explicaría que las distribuciones espectrales de energía de Seyferts 2 y galaxias con brotes de formación estelar sean muy similares, excepto a altas energías.

El trabajo encuentra, finalmente, una correlación entre la luminosidad en rayos X duros y el cociente L_{SX} / L_{FR} , parámetros que se suponen relacionados con la intensidad de la actividad nuclear, y que permiten ordenar claramente las diferentes subclases en una secuencia continua (figura 2.1), que sigue la proposición de Kinney et al. (1993) en el sentido de que los NAGs pueden diferenciarse en una secuencia de acuerdo a la intensidad de su continuo azul y la de la emisión de la galaxia huésped. Podemos suponer que los LINERs caerían en algún lugar del extremo bajo de esta secuencia, probablemente mostrando un traslape considerable con galaxias de brote y algunas Seyfert 2. La poca disponibilidad de información en rayos X duros para los LINERs recopilados en este trabajo, no permitieron de momento incluirlos en esta comparación, pero es algo que se propone intentar en un futuro.

La misma secuencia ha sido corroborada con mayor contundencia por un estudio estadístico de 687 galaxias Seyfert 1 y 2, debido a Dultzin- Hacyan y Ruano (1996). Este trabajo abarca desde los rayos X duros hasta el radio, siendo su única carencia la ausencia de datos en el UV, y se basó en el catálogo de galaxias Seyfert del Observatorio Especial de Astrofísica de la Academia de Ciencias de la URSS, elaborado por Lipovetsky et al. en 1987 (véase sección 3.1). El estudio encuentra, en primer lugar, que las Seyfert 1 tienen en promedio, luminosidades observadas mayores a las de las Seyfert 2, en todas las regiones del espectro, excepto el lejano IR. Enseguida, se realizó un análisis de componentes principales que, tomando diversas muestras de objetos, y analizando hasta seis variables simultáneamente (donde las variables son precisamente las luminosidades en diversas bandas), encontró que la varianza en las Seyfert 1 puede explicarse con una sola nueva variable, esto es, que el espacio de variables puede reducirse, en una buena aproximación, a una sola dimensión (y la interpretación, a básicamente un proceso físico subyacente). En el caso de las Seyfert 2, por lo menos tres variables son requeridas. Para las Seyfert 1, la interpretación dada es que el proceso dominante en la emisión sería la energía de origen gravitacional propuesta por el modelo estándar; para las Seyfert 2, habría otros procesos físicos que contribuirían de manera importante, y que estarían asociados a

radiación estelar e interestelar en la región circumnuclear. los resultados numéricos del análisis de componentes principales revelan que en las Seyfert 1, un máximo del 13% de la energía se debería a procesos estelares e interestelares, mientras que en las Seyfert 2, estos procesos podrían aportar hasta el 46% de la varianza en ciertas luminosidades.

El presente trabajo se propone realizar esta misma clase de estudio para LINERs, así como corroborar ciertas hipótesis, al insertar a los LINERs en las diferentes secuencias y comparaciones derivadas de los trabajos de Mas- Hesse y colegas citados. Por ello es importante mencionar que tal vez el único trabajo en multifrecuencias conocido para LINERs se debe a Ho, Filippenko y Sargent (1996), y aunque se centra en un sólo objeto, M 81, es especialmente relevante porque en él se reporta por primera vez en un LINER la detección de un continuo UV sin líneas, de probable origen no estelar. Este continuo UV es débil en comparación a la emisión en rayos X del mismo objeto, tiene una pendiente muy inclinada (de índice espectral $\alpha = -2 \pm 0.3$) y no muestra una *joroba azul*. Este continuo tiene una magnitud azul absoluta de -11.6 (5 veces más brillante que el núcleo Seyfert 1 menos brillante conocido), y el óptico muestra líneas de emisión (incluida una componente ancha de $H\alpha$) con anchos del orden de $2,500 \text{ km/s}$, comparables a los de Seyferts 1. El trabajo deduce una serie de parámetros como las dimensiones y velocidades en la NLR y más crudamente en la supuesta BLR, la metalicidad del gas, el parámetro de ionización, así como la masa del hipotético objeto central que sería del orden de $0.3 - 6 \cdot 10^6 M_{\odot}$. Para Ho y colegas, las características de la distribución espectral de energía de este objeto podrían ser comunes en los núcleos de baja actividad, y ser una manifestación de tasas de acreción muy bajas a un objeto compacto central.

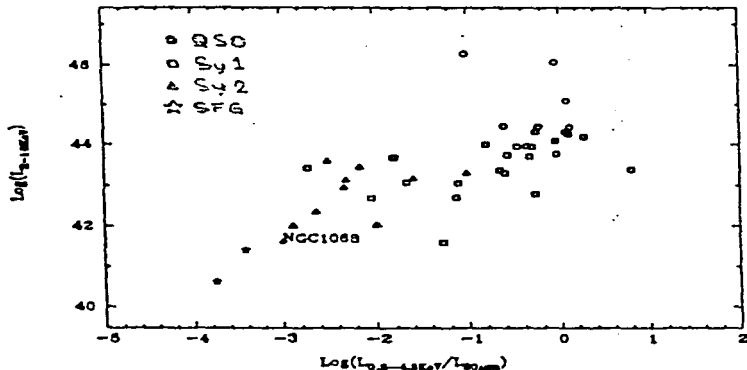


Figura 2.1 - (corresponde a la figura 6 de Mas- Hesse et al., 1995) $L_{2-10 \text{ KeV}}$ vs. $L_{\text{SX}}/L_{\text{FIR}}$.

Ambos parámetros están relacionados con la intensidad del núcleo activo, cuya importancia relativa es mínima en las SFG y máxima en galaxias Seyfert 1 y QSOs. Es interesante notar que NGC 1068 aparece aquí como una galaxia activa débil.

CAPITULO III

La elaboración de un catálogo de LINERs

*... but between our dreams and actions lies this world.
- Bruce Springsteen.*

3.1 El catálogo de galaxias Seyfert de Lipovetsky (LNN)

El nuevo catálogo de LINERs presentado en el capítulo 4, fue elaborado durante un período de diez meses en el Instituto de Astronomía de la UNAM bajo la supervisión de la doctora Deborah Dultzin Hacyan, y en las instalaciones del Observatorio Lick en la Universidad de California en Santa Cruz, con el apoyo del doctor Donald E. Osterbrock.

La semilla de este catálogo es el estudio estadístico de galaxias Seyfert 1 y 2 realizado por la doctora Dultzin y el fis. Carlos Ruano en 1992 y publicado en *Astronomy and Astrophysics* en 1996. Enseguida quedó claro que para realizar un trabajo de esta naturaleza con LINERs, era necesario elaborar un catálogo actualizado que reuniera las características principales de estos objetos. Sin embargo, por ser el más completo en muchos aspectos, se decidió partir del mismo catálogo utilizado en dicho trabajo: el Catálogo de galaxias Seyfert de V.A. Lipovetsky, S.T. Neizvestny y O.M. Neizvetsnaya (LNN), publicado en 1987 en la edición no. 55 de las Comunicaciones del Observatorio Especial de Astrofísica, dependiente de la Academia de Ciencias de la URSS. Dicho catálogo comprende 959 galaxias Seyfert, cuyos datos hasta principios de 1987 fueron recopilados de 957 fuentes. Estos datos, distribuidos en seis tablas, comprenden coordenadas, corrimientos, magnitudes fotoeléctricas UB_V, magnitudes absolutas, tipos morfológicos, flujos en H β y [OIII], flujos JHKLN, flujos en el lejano infrarrojo, flujos en radio a 6 y 11 cm., flujos en rayos X duros y blandos, referencias, e identificaciones cruzadas.

Este catálogo es la base principal del nuevo catálogo de LINERs presentado en el capítulo 4, que incluso está estructurado en el mismo formato de tablas diseñado por Lipovetsky et al. La primera tabla del LNN denominada "Lista general de objetos" incluye coordenadas, corrimiento al rojo, tipo Seyfert, magnitud B, enrojecimiento en la línea de visión E (B-V), y magnitud absoluta. La segunda tabla comprende morfología, pertenencia a pares o cúmulos, y fotometría UBVR. La tercera se dedica a flujos JHKLN en el óptico, flujos en rayos X y radio, además del flujo en H β y el cociente [O III] / H β . La tabla 3a se ocupa de los flujos en IR recabados por el satélite IRAS.

De los 959 objetos listados en LNN, se trabajó con los 147 clasificados como Seyfert 3, nombre dado por ellos a los LINERs. De acuerdo a LNN, un LINER de su catálogo se caracteriza porque las alas de sus líneas permitidas son anchas como en las Sy 1 y 2, pero significativamente más débiles. En ellos hay líneas intensas de baja ionización como [OI] y [Si II], $I([OI])/I([OIII]) > 1/3$, $I([OII])/I([OIII]) > 1$, $([OI] 6300)/H\alpha > 1/3$. Las líneas de absorción principales se observan con facilidad en su espectro.

LNN establecen que su distinción entre galaxias Seyfert y cuasares, obedece a un criterio diferente al usado por Veron y Veron-Cetty (VCV) en su catálogo de NAGs. El LNN incluye, según sus autores, todos los objetos extendidos y muchos objetos de apariencia estelar con una luminosidad menor a -24.0 . Para VCV, editado en su primera versión en 1984, un límite en magnitud absoluta $M_{\text{abs}} > -22.1$ ($H = 75 \text{ km/s Mpc}$ en ambos casos) es usado para las galaxias Sy., siendo clasificados los objetos más luminosos como cuasares. El propio LNN hace una comparación del número de objetos en ambos catálogos considerando la diferencia en estos límites, misma que evidentemente no afecta al tratarse de LINERs siendo estos la cola de baja luminosidad. En LNN, los LINERs constituyen el 13.9 % de los objetos listados, mientras que en la primera edición del VCV, son apenas el 2.3% (12 de 523 objetos). LNN no proporciona resultados estadísticos preliminares concernientes a LINERs sobre la completéz de su muestra, como lo hace con Seyferts 1 y 2, por considerar que los datos sobre éstos eran aún extremadamente inhomogéneos, aunque a la vez remarca que hacia la fecha de realización del catálogo el descubrimiento de nuevos núcleos Seyfert 2 y 3 era vertiginoso.

Hoy en día este ritmo de descubrimiento de núcleos tipo LINER, especialmente en galaxias cercanas, no ha disminuído ni remotamente. Al contrario, una buena cantidad de estudios señala que la presencia de un núcleo tipo LINER sería extraordinariamente común en las galaxias, pero esto, lejos de acelerar la realización de catálogos y estudios estadísticos sobre estos objetos, ha parecido frenarlo, tal vez por el gran número de observaciones nuevas que apuntan cotidianamente en este sentido y la gran cantidad de información incierta y contradictoria que se tiene sobre estos objetos, que están siendo constantemente reclasificados. Aún bases de datos electrónicas como el NED (ver sección 3.2), que están siendo actualizadas constantemente, no se atreven a dar, en muchos casos, una clasificación sobre el tipo Seyfert. En este sentido, el catálogo LNN sigue, a pesar de los años, siendo una de las fuentes más completas de información sobre LINERs, pero obviamente esta lista requería de actualizarse y completarse con nuevas fuentes y observaciones, teniendo en cuenta la dificultad que un seguimiento objeto por objeto (lo cual sería ideal) implica. Sobre esas otras fuentes se escribe a continuación.

3.2 Las otras fuentes

3.2.1 El catálogo de cuasares y núcleos activos de Véron y Véron-Cetty (VCV)

Desde la aparición de la primera edición de su catálogo, P. Veron y M.P. Veron-Cetty se han preocupado por actualizarlo constantemente, dando a conocer nuevas ediciones cada 2 años. La más reciente edición utilizada en este trabajo, la sexta, fue publicada en diciembre de 1993 por el European Southern Observatory en su Reporte Científico no. 13. Esta edición del Catálogo de Cuasares y Núcleos Activos (VCV 6) comprende 7383 cuasares, 171 objetos BL Lac, y 1855 "galaxias activas" (contra 1540 de la quinta edición, de octubre de 1991) en las que engloba a las Seyfert 1, Seyfert 2, LINERs, y un cierto número de galaxias "con una región nuclear H II que revela brotes de formación estelar, y que han sido llamadas Seyfert en el pasado y más tarde reclasificadas". Esta lista también incluye algunas fuentes nucleares de rayos X y radio, "que podrían tener características Seyfert". Esta sexta edición está considerada completa, a decir de sus autores, para cuasares, BL Lac y Seyfert 1 (listando 695 de estas últimas). Nuevamente la distinción entre cuasares y las "galaxias activas" de Veron y Veron-Cetty es que los primeros son más brillantes que $M_{\text{B}} = -23$.

El espectro de información que cubre el VCV es mucho mas limitado que el que cubre el LNN, especialmente por la riqueza de este último en cuanto a información fotométrica. El VCV proporciona el nombre mas común del objeto, coordenadas ópticas o en radio, densidades de flujo a 6 y 11 cm., el índice radioespectral calculado de los flujos en 6 y 11 cm., corrimiento al rojo, tipo Seyfert, colores fotoeléctricos o fotográficos V, B-V, U-B, magnitud absoluta y si el objeto es una fuente de rayos X.

El VCV incluye 38 LINERS, de los cuales 25 no están clasificados como tales o contenidos en el LNN, además de proporcionar una nueva clasificación Seyfert para algunos de ellos, en conflicto a la dada por LNN. El VCV 6 fue usado como segunda referencia básica para la elaboración del nuevo catálogo, y su información fue utilizada para actualizar los datos del LNN en los casos en que sus fuentes resultaron mas recientes y confiables que las de éste. En las últimas semanas de realización de este trabajo, se tuvo acceso a la versión digital (vía Internet) de la 7a. edición de este catálogo, misma que fue publicada en el ESO Scientific Report no. 17, que data de octubre de 1995. Esta 7a. edición consta de 8609 cuasares, 220 BL Lac y 2833 galaxias activas de otras especies (de las cuales 888 son Seyfert 1, según sus autores). De esta nueva edición fueron recopilados 34 nuevos LINERS que no estaban listados como tales en la 6a. edición, y que no aparecían clasificados así en ninguna otra fuente. Estos objetos fueron incorporados a nuestro catálogo bajo la referencia VCV 7.

3.2.2 La base de datos extragaláctica de la NASA (NED)

La base de datos NED (NASA/IPAC Extragalactic Database) fue accesada a través de la red de comunicaciones Internet, elaborandose un archivo con la información recabada para cada uno de los 216 objetos (finales) listados en el nuevo catálogo. NED es operada por el Jet Propulsion Laboratory (Laboratorio de Propulsión a Chorro) del Instituto Tecnológico de California (Caltech), bajo contrato con la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). Según el equipo de trabajo que mantiene NED, el apartado de datos básicos de objetos extragalácticos contiene datos indicativos, en el sentido de que éstos tienen su origen en muy diversas fuentes, y no han sido colocados en una escala uniforme. Las fuentes principales son catálogos y recopilaciones, y se han favorecido los estudios mas precisos, favoreciendose también los mas extensos con una precisión comparable. La base, sin embargo, no conserva información sobre el origen de estos datos básicos. Las posiciones de los objetos, por el contrario, ofrecen información sobre su fuente y sus incertidumbres, y son constantemente actualizadas al disponerse de datos mas confiables. Un apartado especialmente confiable, según los administradores del sistema, es el de información fotométrica (que cubre extensamente el óptico y el radio), que proporciona también datos sobre aperturas, incertidumbres y fuentes, y en el que se guardan los datos producto de todas las observaciones, constituyendose de esta manera un registro acumulativo.

El NED permite buscar un objeto por nombre o posición aproximada, además de realizar búsquedas restringidas sobre un conjunto de objetos que reunan ciertas características (por ejemplo, en cierta vecindad determinada por un intervalo de corrimientos). Una vez localizado el objeto, la base permite acceder a notas sobre el mismo, que generalmente tratan sobre su morfología, pertenencia a cúmulos y observaciones peculiares. Puede accederse también a una lista de referencias, acotada por años si se desea, y a resúmenes de artículos publicados en las principales revistas a partir de 1991. Por último, se puede acceder al apartado de información fotométrica, y a la de catálogos. Este apartado de información de catálogos incluye al ESO/Uppsala, catálogo del European Southern Observatory; el Catálogo Parkes de Fuentes de Radio (PKS: Parkes Radio Source Catalogue), el UGC (Uppsala

Galactic Catalog), y el Tercer Catálogo de Referencias de Cambridge (RC3: Third Reference Cambridge Catalog).

El ESO/Uppsala de 1982, que es el que se halla en la sección de catálogos de NED (hay un catálogo de fotometría de 1989, pero esta información se proporciona en el apartado correspondiente), proporciona para cada objeto declinación y ascensión recta, longitud y latitud galáctica, diámetro mayor y menor, ángulo de posición, clasificación morfológica según Hubble, magnitud en B, colores B-V y U-B, y velocidad radial heliocéntrica.

El PKS se limita a proporcionar nombre, coordenadas, magnitud absoluta, corrimiento al rojo, y densidades de flujo en Jy. a 80, 178, 408, 635, 1410, 2700, 5000, 8400 y 22 000 MHz. En la mayoría de los objetos estudiados, si acaso están en su muestra, se proporciona el flujo a 2700 y 5000 MHz.

El UGC, un catálogo ya muy viejo, proporciona en su versión en NED coordenadas, morfología, magnitud absoluta, inclinación, ángulo de posición, tamaño "azul", tamaño "rojo" (según el tipo de placa fotográfica de registro) y velocidad radial.

El RC3 (1991) es, sin duda, uno de los catálogos mas completos y complejos en la actualidad. Comprende 23, 024 galaxias, y de ellas muchísima información: posiciones, nombres, tipos y clases de luminosidad, diámetros ópticos y cocientes de los ejes, ángulo de posición del eje mayor, extinción galáctica, magnitudes ópticas y en el IR, índices totales de color, índices efectivos de color y brillo superficial, magnitudes y anchos de línea en 21 cm., y velocidades radiales.

3.2.3 El catálogo de NAGs de Huchra.

Una cuarta fuente básica de información, junto al LNN, el VCV y el NED fue el catálogo de galaxias Seyfert y otros NAGs brillantes de J. Huchra., cuya versión preliminar nos fué proporcionada por Andre Martel del Observatorio Lick. Según su autor, comprende todas las galaxias Seyfert, así como algunas buenas candidatas, además de todos los QSOs y BL Lac mas brillantes que -16.0, además de algunos NAGs detectados en rayos X y radio, galaxias observadas hasta 1991 y recopiladas de 105 referencias. Huchra establece una división de tipos de actividad galáctica mas desglosada de lo usual, clasificando a los objetos en Seyferts 1 (tipo 1), Seyfert 2 (tipo 2), Seyferts de líneas delgadas sin indicaciones de origen térmico (tipo 3), galaxias de rayos X con líneas débiles (tipo 4), galaxias de líneas delgadas aparentemente térmicas antes clasificadas como Seyfert (tipo 5), LINERs (tipo 6), QSOs (tipo 7) y BL Lac (tipo 8). Las Seyfert 1 y 2 fueron clasificadas como tales según los preceptos de Huchra, Wyatt y Davis (1982) o de Osterbrock y colaboradores, mientras que los LINERs fueron catalogados como tales, por el criterio básico de Heckman: $[OI] > 0.3*$ [O III]. El catálogo de Huchra proporciona nombre, coordenadas, magnitud azul B, velocidad heliocéntrica, tipo de actividad, flujo en rayos X, magnitud en V, colores B-V y U-B. De este catálogo provienen 21 objetos que no están consignados en LNN.

3.3 Astronomía desde el espacio

En un estudio que pretenda abarcar las propiedades en todas las frecuencias de una familia de objetos, resulta obligado recurrir a la información recabada por los observatorios espaciales, que hacia finales de los sesentas, revolucionaron nuestra capacidad para observar el universo. Hasta la fecha, y a punto

de que se concreten varios proyectos que nuevamente multiplicarán nuestra visión de toda clase de fenómenos, la información mas precisa ha sido recabada por las misiones del Einstein y el ROSAT en el rango de los rayos X, el IUE en el ultravioleta, y el IRAS en el infrarrojo.

3.3.1 *El Observatorio Einstein.*

El observatorio Einstein fue la segunda de tres misiones en un programa de investigación en fenómenos astronómicos de altas energías. Tras el gran éxito de su predecesor, el Uhuru (1970), a quien se debe el descubrimiento de la binaria Cygnus X-1, el objetivo de esta misión fue obtener imágenes y hacer estudios espectrográficos de fuentes de rayos X específicas, así como estudios de la radiación difusa de fondo en rayos X. El telescopio de rayos X llamado también HEAO 2 (de *High Energy Astronomical Observatory*: Observatorio Astronómico de Altas Energías), que pesaba unas tres toneladas y media, y media unos 6 metros de largo, recabó información por un período útil de más de dos años entre el 16 de noviembre de 1978 y el 25 de abril de 1981. El telescopio era capaz de obtener imágenes de fuentes que eran analizadas después por cuatro instrumentos intercambiables montados en un arreglo de carrusel que podía rotarse sobre el plano focal del telescopio. El telescopio colectó rayos X sobre un rango angular de aproximadamente 1 grado x 1 grado, con el plano focal de los instrumentos limitando la resolución a tan sólo unos pocos segundos de arco en cada medición.

El diseño de los instrumentos del Einstein constituyó uno de los grandes retos tecnológicos de su época, ya que la detección de rayos X es muy difícil por sólo ser reflejados bajo ángulos de incidencia sumamente grandes respecto a la normal a la superficie (por lo tanto, sólo son reflejados muy al ras de ésta). Los detectores bidimensionales del Einstein resolvieron en buena medida el problema. Los cuatro instrumentos usados fueron un espectrómetro de estado sólido (SSS), un espectrómetro de cristal de plano focal (FPCS), un contador proporcional de imágenes (IPC) y un detector de alta resolución (HRI). El IPC podía ver una región del cielo de un grado cuadrado, y además de registrar la energía del fotón de rayos X, podía medir su posición de llegada con una precisión de un cincuentavo de grado cuadrado, de modo que podía reconstruir una imagen de la fuente con una resolución del orden de un minuto de arco, comparable a la del ojo humano. Por otro lado, el HRI cubría un campo de 25 minutos de arco cuadrados con una resolución de 2 segundos de arco. También se incluyeron un contador proporcional de monitoreo (MPC) que veía el cielo a lo largo del eje del telescopio y un filtro de banda ancha. Los objetivos científicos fueron localizar con exactitud y examinar fuentes de rayos X en el rango de energía de 0.2 a 4 keV, con alta resolución; y efectuar mediciones de alta sensibilidad espectral con espectrógrafos de alta y baja dispersión.

3.3.2 *El Satélite Röntgen (ROSAT).*

El satélite ROSAT ha sido el más distinguido sucesor del Einstein, en el campo de la astronomía de rayos X, llevando además el nombre de Wilhelm Röntgen, el descubridor de éstos. El proyecto ROSAT es un programa de cooperación entre Alemania, los Estados Unidos y el Reino Unido. ROSAT hizo un muestreo de todo el cielo en rayos X blandos y el extremo ultravioleta (EUV), seguido de observaciones específicas. Dos instrumentos recabaron imágenes e información espectral en la banda de energía de 0.1 a 2.4 keV: el Contador Proporcional Sensitivo a la Posición (PSPC) y un recabador de imágenes de alta resolución (HRI), mientras que un tercero, conocido como Cámara de campo amplio (WFC) se ocupó del extremo ultravioleta ($0.041 < E < 0.21$ keV). Toda la información

recabada hasta el momento, desde la entrada en operación del satélite el 1 de junio de 1990, que incluye listas de eventos procesados, imágenes e información de calibración, se halla en el archivo público del ROSAT, localizado en el Centro Espacial Goddard en los E.U., MPE en Alemania y la universidad de Leicester en Inglaterra.

3.3.3 El Explorador Internacional Ultravioleta (IUE)

El precursor de los observatorios espaciales en el ultravioleta fue el Copérnico, lanzado en 1972, que llevaba un telescopio de 80 cm. y estuvo en funcionamiento nueve años. Fue seguido por el IUE, siglas de *International Ultraviolet Explorer*, que opera desde su lanzamiento el 26 de enero de 1978 en órbita geosíncrona y tiempo real, y continúa funcionando tiempo extra para sorpresa de sus diseñadores (se esperaba su vida útil fuera de 5 años). El satélite IUE es un proyecto conjunto de la NASA, la Agencia Espacial Europea y el Consejo para la investigación en ciencia e ingeniería del Reino Unido. Lleva un telescopio de 45 cm. de diámetro con dos aperturas, que cubre el rango de longitudes de onda de 950 a 3,000 Å., además de dos espectrógrafos para espectroscopía UV. Estos pueden ser operados en modos de alta (0.1- 0.3 Å) o baja (6- 7 Å) resolución, cubriendo ambos las regiones corta (1150- 2000 Å) y larga. (1850- 3300 Å). Los detectores son cámaras SEC Vidicom con convertidores UV que han observado objetos de magnitudes -8.9 a 21. 5. El cuerpo de datos recabado hasta mediados de 1994 por el IUE abarca 69, 000 observaciones consistentes en datos espectrales digitales sin refinar en formato tipo imagen, y los espectros científicos finales calibrados. El tamaño de la apertura pequeña es nominalmente un círculo de 3 segundos de arco de diámetro, y la apertura grande es una elipse de 10 x 20 segundos de arco. Esta información también está guardada en forma de copias "duras" en placas fotográficas con las representaciones fotométricas de las imágenes bidimensionales en 256 niveles de gris. Los datos están disponibles generalmente en forma cruda, a varios pasos intermedios de procesamiento, de modo que cada trabajo pueda aplicarle las calibraciones especiales deseadas, y en forma limpia y calibrada. Por razones de homogeneización, los datos tomados del IUE, así como de los demás satélites para este trabajo, fueron tomados *crudos*, esto es, sin correcciones por extinción.

3.3.4 El satélite IRAS

El 21 de enero de 1983 fue puesto en órbita el satélite IRAS (de las siglas en inglés: Infrared Astronomy Satellite- satélite astronómico infrarrojo), a una altitud de 900 km. Construido por un equipo de científicos y técnicos daneses, ingleses y norteamericanos, la mayor dificultad a vencer fue el hecho de tener que encerrar el telescopio de 0.6 m de diámetro en un contenedor con cerca de 70 kg. de helio líquido, que había que mantener a una temperatura cercana al cero absoluto. Durante sus once meses de vida (dejó de funcionar el 30 de noviembre de ese mismo año al agotarse el helio), el IRAS observó el cielo en las longitudes de onda de 8 a 200 μm ., precisamente el rango en que los NAGs emiten la mayor parte de su energía. El resultado de esta misión es el Catálogo de Fuentes Puntuales del IRAS (IPSC, por sus siglas en inglés) que comprende las 245, 889 fuentes puntuales de IR identificadas por el satélite (más pequeñas a entre 0.5 y 2 minutos de arco, dependiendo de la longitud de onda), incluyendo estrellas, nebulosas y galaxias IR. Para cada fuente, este catálogo especifica posición, densidades de flujo en las bandas de 12, 25, 60 y 100 μm . del instrumento, asociaciones posicionales con fuentes astronómicas previamente catalogadas, así como información miscelánea sobre incertidumbres e indicadores de calidad de los datos.

CAPITULO IV. El Catálogo de LINERs.

*... y al final, números rojos
en la cuenta del olvido.*

- J. Sabina

4.1 Descripción, notas y especificaciones del catálogo.

El catálogo de LINERs que presentamos a continuación basa su formato en el del catálogo de galaxias Seyfert de Lipovetsky, Neizvestny y Neizvestnaya (LNN), que como ya se indicó fue el punto de partida para la recopilación y actualización de este nuevo catálogo. El nuevo catálogo consta de aproximadamente 10,560 entradas en cinco tablas, y muchas de sus referencias se remiten aún a las referencias dadas por el propio LNN, sobre todo en las propiedades generales de las galaxias. Es la información fotométrica la que fué recopilada y actualizada en mayor medida, dado que el objetivo final que persigue este trabajo es un estudio estadístico de LINERs basado en estas características.

La **Tabla 1** del nuevo catálogo proporciona la siguiente información:

1- Nombre de la galaxia en el formato del IAU (hhmm- dds)

2 y 3 - Ascensión recta y declinación. - Coordenadas para 1950, posición óptica.

4- Corrimiento al rojo.

5- Referencias del corrimiento al rojo. En éste, como en todas las demás referencias del catálogo, un número se remite a la referencia original del LNN, VCV se refiere a la sexta edición del catálogo de Veron- Cetty y Veron, VCV 7 se refiere a la séptima edición del mismo, NED a la base de datos extragaláctica de la NASA, HUC a la lista de NAGs de J. Huchra. Los detalles sobre estas fuentes fueron explicados en el capítulo anterior.

6 - Tipo Seyfert. En esta columna se trató de especificar algunas de las contradicciones encontradas entre las diversas fuentes, de la siguiente manera: Un número 1,2 o 3 indica la catalogación del objeto como Seyfert 1,2 o 3, H2 como galaxia H2, SB como galaxia starburst, y una T precediendo a un número alguno de los tipos de la clasificación de Huchra explicados en el capítulo anterior. El número es seguido por una L, H, V o V7 para indicar la fuente: el LNN, Huchra, sexta edición del VCV y séptima edición del VCV respectivamente. Las diferentes clasificaciones para un sólo objeto están separadas por barras (/).

7 - Referencia de tipo Seyfert. - Se trata de la referencia original cuya clasificación dió pie a la inclusión del objeto respectivo en este trabajo.

8 y 9 - Magnitud B y referencia. Las referencias numéricas (y por tanto los datos correspondientes) provienen del LNN. En los casos indicados, el dato viene de la lista de Huchra (HUC), del catálogo ESO en NED, y del RC3 tanto en su versión digital capturada en NED, como de la sección de archivos fotométricos del propio NED. RC3* se refiere a la magnitud total denotada por B_T , dato fotoeléctrico. RC3f denota magnitud fotográfica.

10 - E (B-V). Extinción galáctica en la línea de visión, según los datos, estimaciones y criterios de LNN.

11 - Magnitud Absoluta (Mb). Según los cálculos y estimaciones adoptados por LNN, o actualizados de la columna correspondiente de VCV. Muchas veces ambas fuentes discrepan fuertemente, pero es lógico que estos datos sean poco confiables dada la presencia de variabilidad en prácticamente toda la familia de los NAGs.

12- Se proporciona como referencia, alguno de los nombres de trabajo mas comunes conocidos para la galaxia respectiva, preferentemente su nombre en NGC, ESO, Messier, IRAS, etc.

Tabla 2. Datos morfológicos y fotoeléctricos.

1 - Nombre en el formato IAU.

2 - Tipos morfológicos de Hubble revisados según los criterios de de Vancoeurs. Todos estos datos provienen del apartado de datos generales de NED, que generalmente coincide con la clasificación dada en el ESO y el UGC. La excepción son algunos pocos casos en que se presentan los tipos de Hubble *austeros* recopilados en LNN y confirmados por NED.

3 - Pertenencia. La pertenencia a un grupo se tomó de las notas que aparecen en NED, o de los datos originales de LNN.* CL se refiere a cúmulo (del inglés *cluster*), GR a un grupo de galaxias y PA a un par.

4 - Eje isofotal mayor. Estos datos son del LNN, excepto en algunos casos que se tomaron del ESO (cuando no había información del LNN o la discrepancia entre ambos era pequeña) . En general los datos coinciden, pero para los casos en que la discrepancia es muy grande, aparecen ambos, primero el de LNN, luego el de ESO.

En todas estas columnas, un signo “ : “ es un dato puesto en duda por los propios catálogos, excepto en el caso del tipo morfológico cuando la duda se denota con un signo de interrogación.

5 y 6 - Cociente de semiejes y referencias del LNN.

7 - Magnitud fotoeléctrica en la banda V del sistema de Johnson.

8, 9 y 10 - Colores (U-B), (B-V) y (V-R) del sistema de Johnson. Se proporcionan los datos obtenidos con las mayores aperturas.

11- Referencia para las columnas 8 a 11.

Notas a las columnas de datos fotoeléctricos:

En general, se dio preferencia a los datos del VCV (1993), excepto en los casos que datos mas recientes se encontraron en otras fuentes, como los datos *no publicados* de Huchra, o las fuentes del propio LNN (que en ocasiones son mas recientes a las del VCV). Cuando aparece un signo " el dato está corregido para extinción y enrojecimiento, y proviene del RC3 (incluido por no haberse encontrado datos crudos). Cuando el dato para V proviene del RC3, el dato está corregido aunque no aparezca este signo. El signo - indica una gran discrepancia entre los datos de catálogos recientes y los datos corregidos de RC3 para V (apareciendo los primeros).

Para los datos provenientes del VCV, el propio catálogo hace las siguientes anotaciones: que las magnitudes son fotográficas o fotoeléctricas, y son generalmente poco confiables e inhomogéneas, frecuentemente son magnitudes m pg o B en vez de V (Johnson). La magnitud dada es V siempre que la B-V también aparezca. De todos modos, aún cuando una magnitud V sea dada, puede tener poco significado debido a la presencia de variabilidad. Por otro lado, el color en estos objetos varia poco, por lo que los colores son confiables, aunque en algunos casos sean fotográficos. En todo caso, los objetos mas débiles en cualquier catálogo están expuestos a errores relativamente mayores y esto debe ser tomado en cuenta.

Tabla 3.1 Datos fotométricos de rayos X suaves, UV y líneas de emisión.

1- Nombre según la notación del IAU.

2- Flujo en rayos X suaves. Esta información proviene preferentemente del ROSAT (0.1- 2.4 keV), y en ausencia de ésta, del Einstein (0.2- 4.0 keV) o del propio LNN, y está en $\text{erg} / \text{s} \text{ cm}^2$. Cuando no se hallaron datos exactos, se incluyen cotas superiores recabadas de las diferentes fuentes, pese a que éstas fueron descartadas para el estudio estadístico. La información de ROSAT y Einstein proviene de NED.

3- Referencia de S_x .

4- Flujo de $H\beta$ en $\text{erg} / \text{s} \text{ cm}^2$.

5- Flujo de [O III] en las mismas unidades.

6- Referencias del flujo en líneas. Todas corresponden a las referencias originales de LNN, dado que este es el único catálogo que ofrece flujos en estas líneas.

7 y 8- Flujos en el UV. Todos los datos en las diferentes frecuencias captadas por la cámara SW del IUE fueron agrupados como lejano UV (1150- 2000 Å), mientras que las captadas con la cámara LW (longitudes de onda largas) fueron agrupadas como cercano UV (1850- 3300 Å). Los datos están en ambos casos en 10^{14} erg / cm² * s * Å , y provienen de dos fuentes: la versión impresa de la guía de acceso al ULDA (Ultraviolet Low- Dispersion Archive: archivo ultravioleta de baja dispersión) número 4, dedicada a los NAGs; y los datos fotométricos del IUE recientemente incluidos en NED. En los casos que se encontraron varias mediciones para un objeto en diferentes longitudes de onda de alguno de los rangos indicados, fueron tomados promedios, considerando que el orden de magnitud es el dato relevante para el estudio estadístico, y una vez mas, la variabilidad.

Tabla 3.2 Flujos en las bandas del óptico y cercano infrarrojo.

1- Nombre en el código del IAU.

2 y 3- Flujos en las bandas B y R del óptico recabados de NED.

Datos sin indicaciones extra en las referencias corresponden a los datos B (Cousins) B_T de 1989 para 4,400 Å. y R (Cousins) R_T para 6,400 Å. recabados de NED. Cuando éste dato no fué hallado en NED, se tomaron los datos de RC3 de 1991 para B (B_T), y esto se indica con un "+" junto al valor. Un signo "\$" indica que se trata del dato B(m_B) también del RC3 (1991). Una "j" indica R(Johnson) tomado de NED. Los datos están en miliJanskyns (1 mJy. = 10^{-29} W/m² Hz. = 10^{-26} erg/cm² * s* Hz.).

4, 5 y 6- Flujos en las bandas J, H y K del cercano infrarrojo en el sistema de filtros de Johnson. Los flujos están en mJy. Cuando se encontró mas de un dato por filtro, se proporciona el de mayor apertura. Se procuró tener una sola fuente por objeto para los tres filtros, aunque no fué siempre posible.

7- Referencias para las tres columnas anteriores.

8 y 10- Flujos en las bandas L (3.5 micras) y N (10 micras) del cercano infrarrojo. En mJy.

9 y 11- Referencias para los dos flujos anteriores. Las referencias numéricas provienen de LNN.

Tabla 3.3 Flujos en el radio y las bandas del IRAS.

1- Nombre en el código del IAU.

2 y 3- Flujos para 6 cm. y 11 cm. en Jys.

4- Referencias para los flujos en radio.

5- Flujo en la línea de HI (21 cm.). En todos los casos proviene del RC3 (1991) de NED, y está en W/m^2 .

6 a 9 - Flujos en Jys. en las bandas de 12, 25, 60 y 100 micras del IRAS. Son preferentemente datos de 1990 tomados de NED según la referencia de código 1990 IRASF.C...000M. De no ser así, los datos son de 1988 de NED pero con la referencia de código IRASP.C2..000., o del propio LNN (1987). Se conservaron las observaciones más recientes y realizadas con mayores aperturas.

10- Flujo FIR. Fué calculado con la fórmula referida en el capítulo anterior y es ya el flujo en $erg/s\ cm^2$, que puede ser directamente introducido en la fórmula para calcular la luminosidad.

Las tablas vienen a continuación.

TABLA 1

LISTA GENERAL DE OBJETOS (LINERS)

NOMBRE IAU	RA	DEC	ZO	REF	TIPO SY	REF	B	REF	EX	MB	Nombre común
0017-515	0 17 13	-51 33 42	0.0217	957	3H	957	0	0	0	0	ESO 194-G4
0023-036	0 23 21.6	-3 41 50	0.015	888	3L / 2N	443	15.31	832	0.01	-19.1	MARK 0945
0023+168C	0 23 54.7	16 52 21	0.3976	171	3L	171	21.7	171	0.03	-19	
0024+168	0 24 3.4	16 52 54	0.3996	171	3L	171	21.8	171	0.03	-19.3	
0045-255	0 45 5.8	-25 33 39	0.001	634	SB-N	648	8.04	634	0.01	-13.7	NGC 253
0052-323	0 52 31	-32 18 6	0.0319	957	3L	957	14.9	895	0.01	-20.5	ESO 411-G29
0053-145	0 53 42.9	-14 32 46	0.0213	746	3?L / T5H	443	15.89	832	0.01	-19.3	MARK 1149
0056-353	0 56 30	-35 23 0	0.0307	957	3L / 3H	957	14.6	895	0.01	-21.5	NGC 334
0105+214	1 5 22	21 47 58	0.058	VCV7	3V7	VCV7			0	0	IRAS 01053+
0106+354	1 6 39.3	35 27 10	0.0006	634	3L / 3H	924	11.21	924	0.05	-16.04	NGC 404
0116+122~	1 16 45.5	12 11 4	0.048	VCV	3V	VCV 14.74*		RC3f	0	-20.9	MRK 984
0121+319	1 21 56.4	31 54 21	0.0353	737	3L / 1N	673	14.41	417	0.04	-21.6	UGC 959
0125-586	1 25 17	-58 38 0	0.0471	267	3L	39	16	37	0	-22.2	ESO 113-G48?
0129+171	1 29 7.2	17 19 8	0.027	VCV7	3V7	VCV7			0	-21.7	UGC 1093 SE
0130-073~	1 30 34.8	-7 34 6	0.0062	NED	3H	HUC 12.92*		RC3*	0		NGC 600
0132+345~	1 32 7.2	34 47 2	0.015	VCV	3V/2N	VCV 14.9		HUC	0	-19.3	MRK 1158
0132-367	1 32 36	-36 45 0	0.0283	957	3.0?L	957	14	895	0	-21.3	NGC 619
0136-104	1 36 24.3	-10 42 24	0.048	VCV7	3V7	VCV7			0	0	IRAS 01364-
0140+132	1 40 21.1	13 23 25	0.003	VCV7	3V7	VCV7 12.02		RC3*	0	-19.4	NGC 660
0206-493	2 6 58	-49 32 0	0.058	VCV7	3V7	VCV7			0	-20.6	ESO 197-IG025
0238-084	2 38 37.2	-8 28 10	0.0051	209	3L / 3H	209	11.41	RC3	0.01	-19	NGC 1052
0240-305	2 40 15	-30 32 0	0.0216	957	3.0?L	957	14	895	0.01	-20.7	ESO 416-G09
0248+430~	2 48 19.8	43 2 53	0.051	VCV	3V	VCV			0	-19.4	AN 0248+43
0258+350	2 58 36	35 1 0	0.0165	288	3L / H / V	288	13.4	634	0.12	-21.1	NGC 1167
0312-309	3 12 54	-30 54 0	0.0153	957	3:L	957	14	895	0.01	-20	IC 1904
0314-230	3 14 52	-23 2 54	0.0131	957	3L / 3H	957	13	895	0.01	-20.6	ESO 481-G17
0318-189	3 18 18	-18 54 0	0.013	957	3L / 3H	957	14.1	RC3	0.01	-20.6	NGC 1301
0322-366	3 22 0	-36 38 0	0.0042	957	3L / 3H	957	11.37	RC3	0	-19.5	NGC 1326
0323-494	3 23 31	-49 25 40	0.0362	122	3L / T3H	189	15.5	122	0	-20.3	ESO 200-G016
0335+095	3 35 57.3	9 48 27	0.03458	NED	3H / 2N	HUC	16.5	HUC	0		0335+09

0354-189	3	54	56	-18	55	18	0.0253	957	3L / 3H	957	14	895	0.03	-21.1	ESO 549-G040
0401-434	4	1	54	-43	33	0	0.0071	162	3L	646	13.49	356	0	-18.77	NGC 1510
0402-812	4	2	9	-81	12	6	0.0161	957	3.07L	957	13.4	ESO	0.01	0	ESO 015-G005
0425-046	4	25	56.9	-4	40	25	0.0156	920	3L/2N/3V	920	16	946	0.04	-18.1	IRAS 04259-0440
0428-097	4	28	10	-9	44	11	0.0468	VCV	3L	920	18.5	946	0.05	-18	IRAS 04281-0944
0428-539	4	28	10	-53	55	28	0.0392	606	3.07L	155	14.35	653	0	-21.58	DC 0428-53 No.44
0438-663	4	38	24	-66	38	24	0.0489	189	3L / T3H	189	0	0	0.03	0	FAIR 0304
0445-176	4	45	17	-17	41	6	0.0301	957	3L / 3H	957	14	895	0.02	-21.4	ESO 552-G004
0446-238	4	46	50	-23	48	54	0.027	857	3L / 3H	957	15	895	0.01	-20.2	ESO 485-G016
0457-175	4	57	46	-17	32	0	0.0217	957	3.07L	957	14	895	0.02	-20.7	ESO 552-G045
0503-285~	5	3	50.9	-28	39	18	0.038	VCV	3V	VCV	14.58*	RC3f	0	-21.8	ESO 422-G28
0504-496	5	4	16	-49	40	0	0.0152	189	3L / T3H	189	13.97*	RC3	0	0	ESO 203-G019
0505-375	5	5	58.8	-37	34	42	0.0027	645	3L/2N/H2V	447	10.7	634	0.01	-17.2	NGC 1808
0509-223	5	9	16	-22	18	24	0.033	957	3.07L	957	15	895	0.02	-20.6	ESO 553-G018
0536+692	5	36	34.2	69	21	13	0.012	VCV7	3V7	VCV7	11.73	RC3*	0	-22.1	NGC 1961
0626-633	6	26	32	-63	19	30	0.0384	188	3L	188	16.12	66	0.05	-19.97	FAIR 0251
0636-325~	6	36	4	-32	50	30	0.03726	NED	3H	HUC			0		FAIR 1140
0715-572	7	15	0	-57	15	0	0.0038	354	3L	354	13.66	356	0.11	-17.25	ESO 162-G017
0722-094~	7	22	33	-9	33	36	0.007	NED	3H	HUC	15.8	HUC	0		NGC 2377
0803+074	8	3	4.3	7	44	5	0.059	VCV7	3V7	VCV7			0	-22.4	MRK 1211B
0840+502	8	40	3	50	23	11	0.011	VCV7	3V7	VCV7	12.4	HUC	0	-21.3	NGC 2639
0849+783~	8	49	9.1	78	24	53	0.005	VCV	3H	HUC	11.22	HUC	0	-20.4	NGC 2655
0849+515	8	49	57.9	51	30	13	0.0025	634	3L	924	11.09	RC3	0.03	-19.2	NGC 2681
0851+589	8	51	40.7	58	55	33	0.0032	634	3L	924	12.12	RC3	0.03	-18.8	NGC 2685
0907+602	9	7	44.7	60	14	34	0.005	634	3L / 3H	924	10.84	RC3	0.03	-19.4	NGC 2768
0912-605	9	12	9	-60	35	15	0.0088	188	3L	637	11.27*	RC3*	0	0	ESO 126-G002
0914+694	9	14	49.3	69	24	51	0.0025	634	3L	924	11.82	RC3	0.03	-18.36	NGC 2787
0915-116~	9	15	41.2	-11	53	4	0.055	VCV	3H / 3V	HVC'	14.8	HUC	0	-22.8	3C 218 (Hy A)
0918+511	9	18	35.8	51	11	25	0.0023	634	3L / 3H	924	10.27	HUC	0.06	-16.9	NGC 2841
0931+273	9	31	20	27	33	0	0.044	VCV7	3V7	VCV7			0	-21.1	MCG 05.23.16
0931+103	9	31	5.1	10	22	31	0.0099	634	3L / 3H	924	13.82	HUC	0.02	-18.9	NGC 2911
0936-336	9	36	12.7	-33	38	14	0.009	VCV6	3L	853	16.5	853	0.17	0	ESO 373- G013
0938+034	9	38	0.3	3	48	17	0.015	VCV7	3V7	VCV7	13.29	RC3f	0	-19.8	MRK 1419
0945+725	9	45	53.8	72	30	45	0.0047	634	3L	924	11.25	634	0.02	-21.3	NGC 2985
0951+692~	9	51	30	69	18	18	0	VCV	3H / 1V / 1N	HUC	7.7	HUC	0		NGC 3031

0958+559	9	58	35.4	55	55	11	0.004	634	3L / H / V	924	11.2	634	0	-20.16	NGC 3079
0959+689	9	59	19.5	68	58	32	0.0005	101	3*L	158	10.65	634	0.03	-15.98	NGC 3077
1003+350	10	3	5.4	35	8	48	0.098	VCV7	3V7	VCV7			0	-22.9	3C 236.0
1004-296	10	4	18.1	-29	41	30	0.0037	464	3L / T5H	464	13.34	ESO	0.05	-17.71	NGC 3125
1005-335~	10	5	46.6	-33	43	24	0.034	VCV	3V	VCV			0	-19.9	IRAS 10057
1007-667	10	7	30	-66	47	0	0.0377	354	3?L	354	13.95	ESO	0	-22.8	IC 2554
1011+037	10	11	38.7	3	43	3	0.0035	634	3L	924	11.25	634	0.02	-17.8	NGC 3169
1014+216~	10	14	53.3	21	56	19	0.004	VCV	3H/2V/2N	HUC	13.23	HUC	0	-19.2	NGC 3185
1020+200	10	20	43.2	20	9	6	0.004	VCV7	3V7	VCV7	12.3	RC3*	0	-18.6	NGC 3226
1022-233~	10	22	9.6	-23	17	57	0.013	VCV	3V	VCV	14.41*	RC3f	0	-19.5	ESO 500-G 34
1034+182	10	34	17.9	18	23	48	0.02	VCV7	3V7	VCV7			0	-20.9	NGC 3303A
1034-273	10	34	40.8	-27	18	24	0.0084	931	3L / H / V	931	12.73	ESO	0.07	-20.5	NGC 3312
1043+140	10	43	55.8	14	0	48	0.0097	931	3*L	931	12.05	631	0.01	-19	NGC 3367
1044+120	10	44	6.9	12	5	5	0.0026	634	3L	924	10.1	634	0.01	-19.94	NGC 3368
1045-721	10	45	52	-72	9	45	0.0247	648	3L / H2V	188	0*	0*	0.14	0	FAIR 285
1108+286	11	8	30.6	28	58	0	0.028	VCV7	3H	HUC			0		
1116+133	11	16	18.6	13	22	0	0.0022	634	3L	924	10.17	634	0.01	-19.87	NGC 3623
1116-291	11	16	27	-29	9	6	0.0301	957	3L / 3H	957	15	895	0.08	-20.6	ESO 438-G020
1119+593	11	19	25.1	59	20	56	0.0058	634	3L / 3H	924	11.96	HUC	0	-20.22	NGC 3642
1126+301	11	26	9	30	11	35	0.052	VCV7	3V7	VCV7			0	-21.5	CG 109
1133+284	11	33	19.4	28	28	25	0.0391	746	3L / T5H	194	15	HUC	0.01	-20.9	MRK 0738
1135-320	11	35	31	-32	2	54	0.0097	957	3L	957	15	895	0.09	-20.6	ESO 439-G018
1143+304	11	43	45	30	46	23	0.04	VCV7	3V7	VCV7			0	-20.9	CG 125
1143+204~	11	43	38	20	39	46	0.023	VCV	3V / 1N	VCV	13.50*	RC3*	0	-21.9	NGC 3884
1146+563	11	46	36.3	56	21	44	0.0038	634	3L / 3H	924	11.6	HUC	0.01	-19.09	NGC 3898
1146-331~	11	46	23	-33	4	1	0.028	VCV	3V	VCV			0	-18.7	IRAS 11463-
1148+553~	11	48	28	55	21	20	0.019	NED	3H	HUC	13.4	HUC	0		NGC 3921
1155+323	11	55	2.3	32	33	23	0.01	VCV7	3V7	VCV7	13.3	RC3*	0	-19.5	NGC 3994
1155+536	11	55	0.8	53	39	11	0.0038	634	3L	924	10.6	634	0.01	-20.14	M 0109
1155+557	11	55	20.9	55	43	55	0.0041	160	3L / H / 1V	160	11.79	HUC	0.01	-18.8	NGC 3998
1158+621	11	58	53.1	62	10	27	0.005	634	3L / 3H	924	11.87	HUC	0.01	-20.14	NGC 4036
1200+604	12	0	30	60	48	0	0.065	VCV7	3V7	VCV7			0	-21	SBS 1200+608
1203+526~	12	3	51.3	52	59	21	0.003	VCV	3V	VCV	11.99*	RC3*	0	-18.7	NGC 4102
1203+477	12	3	28.9	47	45	25	0.0019	634	3L	924	11.02	634	0	-18.38	NGC 4096
1204+433	12	4	31.1	43	20	37	0.0028	634	3L / 3H	924	12.08	HUC	0	-18.74	NGC 4111

1205+654	12	5	36.7	65	27	8	0.0049	634	3L	924	10.7	634	0.01	-20.63	NGC 4125
1211+151	12	11	15.4	15	10	42	0.004	VCV7	3L	924	10.86	634	0.03	-18.5	M 098
1213+134	12	13	21.7	13	25	38	0.0004	634	3L	924	10.91	634	0.02	-19	NGC 4216
1216+473	12	16	29.4	47	34	53	0.002	VCV7	3V7	VCV7	9.19	HUC	0	-18	NGC 4258
1219+047	12	19	21.7	4	45	4	0.0049	634	3L/3H/2V	924	10.9	HUC	0	-19	M 061
1223+092	12	23	55.2	9	17	53	0.0244	888	3L	637	13.6	814	0	-19.4	NGC 4410A-ND01
1224+153	12	24	24.7	15	19	26	0.0156	634	3L / 3H	924	12.23	HUC	0.01	-22.05	NGC 4419
1225+132	12	25	13.5	13	17	11	0.004	VCV7	3L / 3H	648	12	HUC	0.02	-19.94	NGC 4438
1225+173	12	25	58.2	17	21	42	0.0066	634	3L / 3H	924	11.29	HUC	0.01	-18.6	NGC 4450
1228+126	12	28	17.8	12	39	58	0.0039	634	3L / 3H	924	9.59	RC3*	0	-18	M 087
1229+146	12	29	27.7	14	41	44	0.0066	634	3L/3H/2V	924	10.49	HUC	0.01	-18.8	M 088
1233+262	12	33	51.8	26	15	50	0.0037	634	3L	924	10.3	634	0	-20.55	NGC 4565
1234+134	12	34	18.5	13	26	17	0.004	VCV6	3L/3H/3N	924	10.58	HUC	0.01	-18.8	M 090
1235+120	12	35	12	12	5	34	0.0057	288	3L/3H/1V	288	11.5	HUC	0.01	-19.7	M 058
1235+744	12	35	29	74	27	59	0.0067	634	3L / 3N	924	11.8	634	0.01	-22.87	NGC 4589
1240-056	12	40	48.8	-5	40	55	0.059	510	3L	510	16.86	510	0.01	-19.97	
1246-410	12	46	6	-41	2	0	0.0092	957	3L / 3H	957	11.75	ESO	0.06	-20.9	NGC 4696
1248+413	12	48	31.9	41	23	32	0.0011	634	3L / 3N	924	8.85	634	0.01	-19.41	M 094
1250-413	12	50	31	-41	22	23	0.0153	189	3L / 2N/2V	189	14.5	643	0.11	-21	ESO 323-G032
1254+219	12	54	16.9	21	57	18	0.0013	634	3L / H / N	924	9.6	HUC	0.01	-15.7	M 064
1255-294	12	55	2	-29	29	48	0.01	957	3L / 3H	957	15	895	0.06	-19.3	ESO 443-G17?
1258-321	12	58	36	-32	8	0	0.0312	957	3L / 3H	957	16	895	0.07	-19.7	ESO 443-G029
1258-306	12	58	36	-30	40	0	0.0164	957	3L / 3H / 2V	957	15	895	0.06	-22.4	NGC 4903
1300-234~	13	0	10.7	-23	39	12	0.022	VCV	3V	VCV			0	-19.9	ESO 507-G70
1300-319	13	0	39	-31	58	0	0.016	957	3L / 3H	957	15	895	0.07	-19.4	ESO 443-G041
1305-241	13	5	59.1	-24	7	0	0.0131	261	3L / 2V / 2N	261 0*	0*	0.1	-20.7	IRAS 13059-2407	
1308+371	13	8	37.7	37	19	28	0.003	VCV7	3V7	VCV7	10.85	HUC	0	-16.6	NGC 5005
1313+422	13	13	34.9	42	17	35	0.002	634	3L	924	9.3	634	0	-20.02	M 063
1314-318	13	14	54	-31	50	0	0.0076	957	3L / 3H	957	13	895	0.06	-19.7	IC 4214
1315-094	13	15	31.4	-9	49	22	0.104	VCV7	3V7	VCV7			0	0	IRAS 13155-0949
1315-098	13	15	0	-9	48	0	0.1041	920	3L	920 0*	0*	0.01	0	IRAS 13155-0949	
1316-123~	13	16	53	-12	23	43	0.008	VCV	3H / 1V / 1N	HUC	12	HUC	0	-19.5	NGC 5077
1319-271	13	19	0	-27	10	0	0.0062	957	3L / 3H	957	11.52	ESO	0.07	-17.2	NGC 5101
1324-276	13	24	18	-27	41	0	0.0062	648	3L	648	15.05	48/ESO	0.07	-17.21	IC 4249
1326-375	13	26	24	-37	58	0	0.029	VCV7	3V7	VCV7			0	-20.1	TOL 1326-379

1327+474	13	27	45.7	47	27	16	0.0018	512	3L/3H/2V	511	9.03	HUC	0.01	-14.5	M 051a
1327+475	13	27	52.4	47	31	48	0.0022	634	3L / 3H	924	10.53	634	0.01	-19.23	M 051b
1332-277	13	32	30	-27	46	0	0.0162	957	37L	957	15	895	0.06	-19.4	IC 4290
1336+483	13	36	14.7	48	31	53	0.028	VCV7	3V7	VCV7	14.1	HUC	0	0	MRK 266NE
1338+234~	13	38	46.4	23	31	59	0.027	VCV	3V	VCV	15.36*	RC3f	0	-21	MCG 04.32
1342+561	13	42	51.2	56	8	20	0.03778	NED	3L/2V/2H	729	14.8	634	0	-21.1	UGC 8696
1345-296~	13	45	28.3	-29	56	59	0.13	VCV	3V	VCV			0	-20.6	IRAS 13454
1345-301	13	45	42	-30	11	0	0.0147	957	3L / 3H	957	14.06	ESO	0.05	-20.1	NGC 5298
1346+265	13	46	34	26	50	28	0.063	VCV7	3V7	VCV7	15.2	RC3*	0	-22.4	PKS 1346+26
1346-279	13	46	31	-27	57	6	0.0167	957	3L	957	14.01*	RC3*	0.04	0	ESO 445-G051
1348-476	13	48	24	-47	50	10	0.0092	189	3L / T3H	189	12.8*	RC3*	0.16	0	ESO 221-G 012
1353+407	13	53	33.6	40	42	23	0.0089	634	3L / 3H	924	11.59	HUC	0	-21.35	NGC 5371
1354-203	13	54	33.1	-20	22	29	0.0355	VCV7	3L	920	0*	0*	0.08	0	IRAS 13545-2022
1356-184	13	56	16.2	-18	48	49	0.03	VCV7	3V7	VCV7	????		0	-22.9	ESO 568-G11
1356-188	13	56	0	-18	8	0	0.031	920	3L	920	0*	0*	0.07	0	
1357-286	13	57	42	-28	38	0	0.0201	957	3L / 3H	957	15	895	0.06	-19.7	NGC 5393
1400-411	14	0	18	-41	10	0	0.002	634	3L	194	13	895	0.06	-16.8	NGC 5408
1403+539	14	3	14.9	53	54	6	0.0014	634	3L	924	11.35	634	0	-17.39	NGC 5474
1404-267	14	4	36	-26	47	0	0.0218	957	3L / 3H	957	14	895	0.06	-20.7	IC 4374
1408+134	14	8	16.6	13	47	33	0.017	VCV7	3V7	VCV7			0	-19.5	IRAS 14082+134
1425-497	14	25	10	-49	46	0	0.015	952	3L	952	0*	0*	0.1	0	FAIR 0328
1426+276	14	26	18.9	27	37	54	0.014	648	3L	648	13.9	417	0.01	-19.9	NGC 5635
1430+365	14	30	36.4	36	31	19	0.0132	700	3L / V / H	700	14	700	0.01	-20.6	NGC 5675
1431+529	14	31	40.8	52	59	28	0.0883	NED	3L	194	16.5	808	0.01	-22.2	MRK 0816
1443+515	14	43	18	51	35	0	0.0904	646	3L	646	16.5	417	0	-21.2	UGC 9511
1504+130	15	4	30.8	13	3	3	0.0216	VCV	3L / 3H	288	14.9	HUC	0.01	-19.7	NGC 5851
1513+422~	15	13	12	42	13	57	0.008	VCV7	3H / 2V7	HUC	12.79	HUC	0		NGC 5899
1514+003~	15	14	6.7	0	26	1	0.052	VCV	3H / 3V	HVC'	16.5	HUC	0	-21	PKS 1514+00
1516+425	15	16	19.4	42	55	38	0.04	VCV7	3V7	VCV7			0	-21.9	MRK 848B
1524+415	15	24	18.9	41	50	41	0.008	VCV7	3V7	VCV7	14	HUC	0	-19.4	NGC 5929
1532+152	15	32	13.2	15	21	40	0.007	VCV7	3V7	VCV7			0	-20	NGC 5953
1551+121	15	51	57	12	16	16	0.035	VCV7	3V7	VCV7	15.14*	RC3f	0	-21.3	UGC 10082
1616+682~	16	16	34.3	68	19	18	0.004	VCV7	3V	VCV	14.52*	RC3f	0	-16.6	KAZ 069
1618+068	16	18	30.1	6	51	49	0.0601	VCV	3L	920	0*	0*	0.05	0	IRAS 16184+0651
1630-605	16	30	30	-60	30	45	0.0103	952	3L	952	10.15*	RC3*	0	0	NGC 6156

1637+826	16	37	56.9	82	38	19	0.0242	574	3L / 3H/2V	574	14	108	0.06	-21.8	NGC 6251
1647+3618	16	47	22.4	36	18	35	0		3H	HUC	15.2	HUC	0		
1650+024	16	50	25.5	2	25	36	0.025	210	3L / 2N/1V	215	14.7	HUC	0.08	-21.7	NGC 6240
1701+313~	17	1	21.6	31	31	39	0.034	VCV	3H / 3V	HVC'	15.4	HUC	0	-21.8	MRK 700
1703+430	17	3	32.4	43	6	36	0.028	VCV7	3V7	VCV7			0	-21.4	UGC 10695 SE
1718-646~	17	18	47	-64	57	40	0.014	VCV	3H / 3V	HVC'	15.5	HUC	0	-19.1	NGC 6328
1748+687	17	48	55.8	68	43	5	0.0559	NED	3L / 1H / 1V	891	16	888	0.04	-21.2	MRK 0507
1753+183	17	53	47.3	18	20	48	0.0102	648	3L / V / H	648	13.42	762	0.09	-20.2	NGC 6500
1755-637	17	55	20	-63	43	30	0.0152	189	3L	189	0*	0*	0.08	0	FAIR 0332
1831-469	18	31	46	-46	59	30	0.0232	952	3L	952	0*	0*	0.06	0	ESO 281-G012
1846-789	18	46	6	-78	57	17	0.0279	194	3L	194	13.88*	RC3*	0.12	0	ESO 025-G002
1907+508	19	7	1.2	50	51	8	0.008	517	3L / 2N/2H	441	13.2	HUC	0.06	-18.8	NGC 6784
1932-659	19	32	48	-65	55	30	0.0025	681	3L/H2V/5H	681	14.54	ESO	0.09	-16.5	IC 4870
1934-638	19	34	48.3	-63	49	37	0.1811	465	3L / 3H/2V	465	18.4	108	0.06	-21.9	PKS 1934-63
1941-543	19	41	3	-54	22	18	0.0185	681	3L/H2V/5H	681	15.16	681	0.04	-20.1	ESO 185-IG13
2003-280~	20	3	22.3	-28	3	19	0.047	VCV	3V	VCV	16.11	VCVv	0	-21.2	IRAS 2003-
2006-566	20	6	22.1	-56	36	51	0.0576	NED	3L	155	16	606	0.04	-20.9	
2010-416~	20	10	5.8	-41	56	40	0.1295	VCV	3V	VCV			0		IRAS 20100-
2027-308	20	27	0	-30	48	0	0.0217	249	3L	572	12.85	ESO	0.05	-18.4	
2036+656~	20	36	37.7	65	55	48	0.006	VCV	3H / ?V	HUC	12.41	HUC	0	-17.7	NGC 6951
2051-704	20	51	4	-70	25	30	0.0577	NED	3L	189	0*	0*	0.04	0	FAIR 0350
2054-435	20	54	31	-43	34	0	0.0306	957	3?L	957	14	895	0.01	-21.4	ESO 286-G018
2055-425~	20	55	9	-42	50	36	0.043	VCV	3H / H2V	HUC	15.3	HUC	0	-21.8	ESO 286- IG19
2120-227	21	20	11	-22	42	54	0.0323	957	3?L	957	15	895	0.03	-20.6	ESO 530-G042
2142+420	21	42	18	42	2	0	0.018	VCV7	3V7	VCV7			0	-20	UGC 11805 SW
2146-350	21	46	48	-35	7	0	0.007	VCV7	3V7	VCV7	12.71	RC3*	0	-20.9	NGC 7135
2153-216~	21	53	12.2	-21	58	48	0.098	VCV	3V	VCV			0	-21.7	PKS 2153-21
2157-336	21	57	33	-33	36	42	0.0149	957	3L	957	15	895	0	-18.9	ESO 404-G015
2159-224	21	59	3.7	-22	43	36??	0		3H	HUC	14.73	RC3f	0		
2159-227	21	59	4	-22	43	36	0.0178	957	3L / 3H	957	14	895	0.03	-20.4	ESO 532-G012
2205+311·	22	5	37.9	31	6	52	0.0041	634	3L / 3H/?V	924	11.29	HUC	0.08	-19	NGC 7217
2213-217	22	13	54	-21	44	0	0.0322	957	3?L	957	15	895	0.09	-20.7	IC 1438
2214-527	22	14	36	-52	46	0	0.0536	NED	3L	952	0*	0*	0.01	0	FAIR 0355
2220-382	22	20	36	-38	17	0	0.0278	957	3?L	957	14.23*	RC3*	0	0	IC 5212
2224-354	22	24	18	-35	24	0	0.0303	957	3L / 3H	957	16	895	0.01	-19.4	NGC 7279

2226-659	22	26	17	-65	54	50	0.0105	189	3L	189	13.19*	RC3*	0.01	0	IC 5222
2243+394	22	43	33	39	25	26	0.0811	595	3L / 3H	541	16.5	367	0.14	-21.5	3C 452
2254-367	22	54	22.8	-36	43	48	0.0055	931	3L / 3VCV7	931	10.98	ESO	0.01	-20.3	IC 1459
2259+267	22	59	38.3	26	46	59	0.0262	888	3L/2N/H2V	443	14.4	HUC	0.05	-20.63	NGC 7466
2259+154	22	59	31.8	15	41	47	0.006	VCV7	3V7	VCV7	13.31	RC3*	0	-18.8	MRK 313
2302+120	23	2	26.1	12	3	11	0.0087	634	3L/H / 2N/V	924	11.93	HUC	0.04	-18.2	NGC 7479
2311-430	23	11	12	-43	0	0	0.0564	957	3L	957	16	895	0	-20.7	ESO 291- G09
2316+053	23	16	52.6	5	37	57	0.02	VCV7	3V7	VCV7	14.5	HUC	0	-21	IC 1481
2322-123	23	22	43.7	-12	23	57	0.0822	NED	3L / V / H	559	16.5	108	0.01	-21.3	NPM1G-12.0625
2341+094~	23	41	48.6	9	39	18	0.007	VCV	3H / 2V/2N	HUC	12.5	HUC	0	-18.9	NGC 7743
2350+033~	23	50	45.1	3	26	24	0.038	VCV	3V	VCV			0	-20.8	UM 11
2354-349	23	54	26	-34	57	30	0.04207	NED	3L / 3H	957	15	895	0.01	-21.1	ESO 349-G09
2354-350	23	54	26	-35	2	12	0.04905	NED	3L / 3?N	957	14.33	ESO	0.01	-22.4	ESO 349-G010

TABLA 2

DATOS MORFOLOGICOS Y FOTOELECTRICOS

NOMBRE IAU	TIPO MORF	PERT	DIAM	b/a	REF	V	U-B	B-V	V-R	REF
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0017-515	(R')SB(s)a	PA	1.5	0.33	957	0	0	0	0	0
0023-036	S0		0.9	0.6	895	14.54	0.16	1.11	0.92	VCV/832
0023+168C		CL	0	0	169	0	0	0	0	0
0024+168		CL	0	0	169	0	0	0	0	0
0045-255	SAB(s)c	GR	32:	0	634	13.97	0.48	1.26	0	VCV
0052-323	S0-a pec sp	GR/PA	1.6	0.4	957	13.90"	0	0.91"		RC3
0053-145	SB		0	0	812	15.32	0.18	0.84	0.73	VCV/832
0056-353	(R')SB(s)b pec:	PA	1.7	0	957	0	0	0	0	0
0105+214	pec									
0106+354	SA(s)0	GR:	4.37	0.95	634	11.72	0.32	0.83	0	HUC
0116+122	Sc-IRR	PA				15.96	0.05	0.48		VCV
0121+319	Sa	PA	1.2	0.8	417	14.05"	0.14	0.82	0.93	832
0125-586	SA(nr)bc	PA	0.4	0.7	37	14.96	-0.12	0.54	0	VCV
0129+171						14.4				VCV7
0130-073	(R')SB(rs)d					12.57	-0.07	0.61		HUC
0132+345	Compact					14.96	-0.12	-0.54		VCV
0132-367	(R_1)SAB(rs)b	CL	1.8	0	957	0	0	0	0	0
0136-104										
0140+132	SB(s)a pec					11.9		0.86		VCV7/RC3
0206-493		PA				17.1				VCV7
0238-084	E4	GR	2.9	0	634	12.31	0.61	1.07	0	VCV
0240-305	S0a	CL	1.5	0.67	957	0	0	0	0	0
0248+430						17.36		0.73		VCV
0258+350	SA0	GR:	3.1	0.7	634	12.77	0.67	1.07	0	VCV
0312-309	(R_1)SB(rs)b	GR:	1.4	0	957	0	0	0	0	0
0314-230	SAB(r)ab		2.4	1	957	0	0	0	0	0
0318-189	SB(rs)b?	CL	2.8	0	957	12.54"	-0.01"	0.44"	0	RC3
0322-366	(R_1)SB(r)0/a	GR	4.8:	0	957	10.53	0.27	0.82	0	RC3/ESO
0323-494	SB0(r)		0.6 / 1:	0.5	122	0	0	0	0	0
0335+095	cD									
0354-189	Sbc		1.9	0.4	957	0	0	0	0	0
0401-434	SA0 pec?	PA	1.2:	0	0	13.02	-0.28	0.48	0	RC3/ESO
0402-812	(R_2)SB(rs)bc	GR	2.3	0.8	957	0	0	0	0	0
0425-046	E- S0	PA:								
0428-097										
0428-539	E	CL	0	0	168	13.2	0.82	1.15	0	653
0438-663	(R')SAB(s)b									
0445-176	SA(r)0~0	CL	1.4	0.9	957	0	0	0	0	0
0446-238	SAB(rs)ab:	CL	1.9	0.3	957	0	0	0	0	0
0457-175	(R)SB(r)1a	CL	1.7	0	957	0	0	0	0	0
0503-285	S0?	CL	1.4:		ESO	15				VCV
0504-496	SAB(r)0	PA	0.8?							
0505-375	(R_1)SAB(s):b	GR	7.2/10:	0.55	257	12.55"	0.23	0.98	0.61	VCV/356
0509-223	S0		1.4	0.8	957	0	0	0	0	0
0536+692	SAB(rs)c	GR				12.2		0.74		VCV7/RC3

0626-633			0	0	188	15.75	-0.31	0.37	0	66
0636-325	S(r)		1.2		NED/ESO					
0715-572	Sb? pec sp		2.5:	0	0	13.04	-0.02	0.62	0	356
0722-094	SA(s)c:					14.89	0.08	0.85		HUC/RC3
0803+074		PA				15.4				VCV7
0840+502	(R)SA(r)a:	PA				11.88	0.39	0.94		VCV7
0849+783	SAB(s)0/a					11.08	0.53	0.95		VCV
0849+515	(R')SAB(rs)0/a	GR	3.8	0.91	634	11.33	0.43	0.76	0	VCV
0851+589	(R)SB0+ pec		4.7	0.58	634	11.36	0.38	0.78	0	933
0907+602	E6:		6.31	0.45	634	11.9	0.54	1.04	0	VCV
0912-605	(R'_2)SB(rs)ab		1.3	0	945	0	0	0	0	0
0914+694	SB(r)0+		3.39	0.68	634	11.79	0.75	1.13	0	VCV
0915-116	(R')SA0-:	CL				14.8~		1.03		VCV7/RC3
0918+511	SA(r)b		8.13	0.47	634	12.41~	0.7	1.05	0	VCV
0931+273						16				VCV7
0931+103	SA(s)0: pec	GR	4	0.75	417	13.92	0.8	1.2	0	HUC
0936-336	S0/b? sp	CL	2.0:	0.19	S53.	0	0	0	0	0
0936+034	Sa?					15				VCV7
0945+725										
0951+692	SA(s)ab					10.34	0.69	1.04		HUC
0958+559	SB(s)c		7.59	0.22	634	10.57	0.27	0.65	0	933
0959+689	l0 pec	GR	4.6	0.75	634	11.6	-0.04	0.54	0.7	894
1003+350						16				VCV7
1004-296	E0/S:	CL	1.2	0	257	12.68~	-0.39	0.38	0	RC3/ESO
1005-335	S0					15.8		0.89		VCV
1007-667	SB(s)c pec	GR	3.2 / 4:	0	634	13.2	-0.05	0.75	0	677
1011+037	SA(s)a pec	GR	4.73	0.66	634	12.41	0.6	1.05	0	VCV
1014+216	(R)SB(r)a					12.7		0.82		VCV/RC3
1020+200	E2:pec	PA				13.3		0.9		VCV7/RC3
1022-233	(R_1)SB(s)0/a		1.3		ESO	14.21		0.78		VCV
1034+182	Sb/pec	PA				14.5				VCV7
1034-273	Sab(r)p	PA/CL	4.2	0.45	634	12.6	0.68	1.16	0	VCV/ESO
1043+140	SB(rs)c		1.34	0.91	634	14.14	0.71	-0.21	0	VCV
1044+120	SAB(rs)ab	GR	7.08	0.72	634	9.25	0.27	0.89	0.9	925
1045-721	SB(r)0~+									
1108+286		GR								
1116+133	SAB(rs)a	GR	10	0.33	634	9.37	0.37	0.74	0	933
1116-291	Sb:	GR	1.5	0.6	957	0	0	0	0	0
1119+593	SA(r)bc		5.75	0.85	634	14.04~	0	0.82	0	HUC
1126+301	Compact					16				VCV7
1133+284	Compact			0	807	15.3	0.04	0.67	0.56	769
1135-320	SAB(r)b	PA	1.7	0.8	957	0	0	0	0	0
1143+304	S					16				VCV7
1143+204	SA(r)0/a	PA				12.88	0.4	0.91		VCV
1146+563	SA(s)ab	GR	4.37	0.59	634	10.87	0.38	0.9	0	833
1146-331										
1148+553	(R')SA(s)0/a	CL				13.35	0.39	0.79		HUC
1155+323	SA(r)c pec?					14.4	-0.14	0.61		VCV7/RC3
1155+536	SBbc	GR	7.59	0.65	634	9.9	0.49~	0.82	0	933
1155+557	SB(rs)bc	GR	3	0.65	634	10.76	0.58	0.94	0	194

1158+621	S0-	GR	4.47	0.46	634	11.2	0.62	0.98	0	VCV
1200+604						17				VCV7
1203+526	SAB(s)b?					12.61				VCV
1203+477	SAB(rs)c		6.46	0.32	634	10.58	0.1	0.45	0	933
1204+433	SA(r)0+: sp	GR	4.79	0.23	634	10.89	0.43	0.84	0	933
1205+654	E6 pec	GR	5.13	0.63	634	10.33	0.55	0.91	0	933
1211+151	SAB(s)ab	GR	9.55	0.33	634	13.26	0.64	1.13	0	VCV
1213+134	SAB(s)b:	GR	8.32	0.26	634	9.92	0.43	1.03	0	933
1216+473	SAB(s)bc					11.65	0.3	0.77		VCV7
1219+047	SAB(rs)bc	GR	6.03	0.91	634	12.88~	0.19	0.78	0	HUC
1223+092	Sab? pec	GR	0	0	0	16.5~	0	1.03:	0	VCV
1224+153	SB(s)a	GR	3.39	0.37	634	11.71	0.39	0.93	0	HUC
1225+132	SA(s)0/a pec	CL:	7.59	0.6:	787	12.81	0.75	1.19	0	VCV
1225+173	SA(s)ab	GR	4.79	0.72	634	13.19	0.62	1.01	0	VCV
1228+126	E+0-1 pec	CL	7.24	0.93	634	12.86~	0.64	1.07	0.94	VCV/925
1229+146	SA(rs)b	GR	7.59	0.6:	787	13.57	0.75	1.19	0	VCV
1233+262	Sbc	GR	16.2	0.17	634	10.43	0.59	0.98	1.08	926
1234+134	SAB(rs)ab	CL	9.55	0.49	634	12.31~	0.17	0.75	0	VCV
1235+120	SAB(rs)b	CL	5.35	0.9	634	11.72~	0.49	0.97	0	VCV
1235+744	E2	PA	3.02	0.89	634	11.24	0.63	0.93	0	933
1240-056	S0	PA:	0.4	0	510	15.96	0.15	0.9	0.87	510
1246-410	E+1 pec	CL	3.55/4:	0.91	634	11.4	0.6	1.04	0	NED/ESO
1248+413	(R)SA(r)ab	GR	11	0.83	634	8.26	0.48~	0.76	0.84	924
1250-413	(R)SAB(l)0~+	CL	1.5:	0	643	13.9	0	0	0	VCV
1254+219	(R)SA(rs)ab		9.33	0.58	634	12.14~	0.4	1.03	0	VCV
1255-294	(R)SB(r)0/a		1.8	0.7	957	13.73	0	0.89	0	VCV
1258-321	SA(r)c	CL	1.6	0.8	957	0	0	0	0	0
1258-306	SB(rs)c	CL	2.2	0	957	12.5	0	0	0	VCV
1300-234	l0:pec	PA?	1.4		ESO	14.78		0.94		VCV
1300-319	(R')SAB?(r)ab	CL	1.9	0	957	0	0	0	0	0
1305-241						13.9	0.4	0.89		VCV/HUC
1308+371	SAB(rs)bc	PA				13.67	0.54	1		VCV7
1313+422	SA(rs)bc		12.3	0.62	634	8.4	0.44	0.94	1.01	925
1314-318	(R_1)SAB(r)a		3.0:	0	957	10.85	0.22"	0.71"	0	0
1315-094										
1315-098										
1316-123	E3-4	GR				12.85	0.58	1.02		VCV
1319-271	(R_1/2)SB(rl)0/a	CL? PA	1.07	0.94	634	10.09"	0.61	1.05	0	RC3/ESO
1324-276	S?		1.1:		NED / ESO	14.57	-0.18	0.48	0	66
1326-375						15.02	0.2	1.08		VCV7
1327+474	SA(s)bc pec	GR	11	0.71	634	8.33	0.3	0.67	0	591
1327+475	l0 pec	GR	5.37	0.79	634	9.47	0.44	1.06	0	933
1332-277	(R')SB(r)a		1.6	0	957	0	0.12"	0.78"	0	RC3
1336+483	Compact pec	PA				13.42	0.06	0.77		HUC
1338+234						15.1				VCV
1342+561	S pec (ring)	GR	1.3	0.56	310	14.91	0.1	0.77	0	HUC
1345-296						17.71		1.15		VCV
1345-301	SB(r)bc	CL	1.8	0	957	12.55"	0.38	0.97	0	RC3/ESO
1346+265	cD:S0?					15.5	0.44	1		VCV7/RC3
1346-279	(R)SAB(r)ab:	CL	1.5	0.5	957	0	0	0	0	0

1348-478	SB(s)bc:	CL	1.6:								
1353+407	SAB(rs)bc	GR	4.37	0.83	634	10.96	0.21	-0.67	0		933
1354-203											
1356-184	????					13.4					VCV7
1356-188											
1357-286	(R-1/2)SB(r)b:		1.2	0	957	0	0	0	0	0	0
1400-411	IB(s)m		2.6	0	634	11.19"	-0.38"	0.49"	0	0	RC3
1403+539	SA(s)cd pec	GR	4.47	0.93	634	10.89	-0.06	0.48	0	0	933
1404-267	SA(rs)0-:	CL	1.5:	0	957	0	0	0	0	0	0
1408+134						14.6	0.16	0.94			VCV7
1425-497	Sa?		1.1:								
1426+276	S pec	GR	2.4	0.5	634	0	0	0	0	0	0
1430+365	S?	GR	0	0.45	417	14	0	0	0	0	VCV
1431+529	Compact										
1443+515	Pec jet		0	0	417	0	0	0	0	0	0
1504+130	S?	GR	1.1	0.23	417	0	0	0	0	0	0
1513+422	SAB(rs)c					12.08	0.26	0.8			HUC
1514+003	Radiog					16.5					VCV
1516+425		PA				15					VCV7
1524+415	Sab:pec	PA				13.4	0.23	0.98			HUC
1532+152	SAa:pec	PA				13.1					VCV7
1551+121	SB?	PA				15.3					VCV7
1616+682	S?					15.3					VCV
1618+068											
1630-605	(R_1)SAB(rs)c		1.5								
1637+826	E	PA	2.8	0.78	895	14	0	0	0	0	VCV
1647+3618	Compact										
1650+024	IO: pec	GR:	2.2	0.4	634	13.37	0.56	0.94	0	0	VCV
1701+313	S?					14.04	0.16	0.69			VCV
1703+430		PA				14.7					VCV7
1718-646	SA(s)b	PA	0.8		ESO	15.5					VCV
1748+687	Compact	PA:		0.8	720	15.45	0.19	0.88	0	0	320
1753+183	SAab:	PA	2.45	0.4	634	13.7	0.43	0.87	0	0	VCV/762
1755-637		PA	0	0	356	0	0	0	0	0	
1831-469	SAB(rs)a	CL	1.3								
1846-789	(R:)SAB(r)b		1.2:								VCV
1907+508	SB(s)bc		2.4	0.6	720	14.03	-0.16	0.62	0.99	0	VCV/767
1932-659	SA(r)b pec/lBm?	GR	2.2:	0.26	574	14.63	-0.34	0.12	0	0	681=VCV
1934-638	Radio gal					18.4					VCV
1941-543	Compact:		0.3	0	681	14.98	-0.19	0.17	0	0	681
2003-280	S0/a pec					16.11					VCV
2006-566	E4	CL	0	0	244	14.46	0	1.18	0	0	939
2010-416											
2027-308	SB(rs)b:	GR	5.0:	0	249	13.71	0.49	1.12	0	0	648
2036+656	SAB(rs)bc					12.88	0.57	1.16			HUC
2051-704	(R_1)SB(s):b										
2054-435	SB(s)bc? sp	PA	3.2	0.16	957	0	0	0	0	0	0
2055-425	Merger	GR?	1.5:		ESO	14.7	-0.07	0.57			HUC
2120-227	SA(l)0~+:	CL	1.4	0.5	957	0	0	0	0	0	0
2142+420						15.2					VCV7

2146-350	SA0-pec	CL	3.6:		ESO	12.2	0.52	1.01		VCV7/ES0
2153-216	N gal					17.2				VCV
2157-336	Sa:	CL	1.5	0.3	957	0	0	0	0	0
2159-224	(R'_1)SAB(r)0/a	CL	1.2		ESO					
2159-227	(R'_1)SAB(r)0/a	CL	1.2	0.7	957	0	0	0	0	0
2205+311	(R)SA(r)ab		3.72	0.85	634	11.92~	0.51	1.02	0	VCV
2213-217	(R'_1/2)SAB(r)a	CL	2.8	0	957	0	0	0	0	0
2214-527	SAB(s)b									
2220-382	Sbc:	PA	1.8:	0	957	0	0	0	0	0
2224-354	SB(rs)c	CL	1.4	0	957	13.51"	-0.14"	0.45"	0	RC3
2226-659	(R)SB(rs)b		2.8			12.57"		0.63"		RC3
2243+394	E/ Rad gal	CL:	0	0	367	16.55	0	1.13	0.93	543
2254-367	E	CL/GR	4.5/5:	0.76	634	10.48	0.55	0.97	0	933
2259+267	Sb		1.6	0.31	895	13.85	0.18	0.8	0.94	832
2259+154	(R')SB(s)	GR				14	0.04	0.75		VCV7/RC3
2302+120	SB(s)c		4.07	0.79	634	13.88~	0.44	1.04	0	VCV
2311-430	SA0~	CL	1.5	0.7	957	0	0	0	0	0
2316+053	S?					14.4				VCV7
2322-123	E5	CL	0	0	258	15.46	0	1	0	108
2341+094	(R)SB(s)0+	PA				13.28	0.45	0.91		VCV
2350+033						16				VCV
2354-349	(R'_1)SB(rs)b	CL	1.3	0.8	957	0	0	0	0	0
2354-350	E+4: cD	CL	2.2	0.45	957	13.26	0	1.07	0	0

TABLA 3.1

FOTOMETRIA DE ALTAS ENERGIAS
Y LINEAS DE EMISION OPTICAS

NOMBRE IAU	f (SX)	REF (SX)	f (HB)	f (OIII)	REF	LUV-Prom.	CUV- Prom
0017-515	0	0	0	0	0	0	
0023-036 *	0	0	0	0	0	:908	
0023+168C	0	0	0	0	0	0	
0024+168	0	0	0	0	0	169	
0045-255 *	5.72E-12	ROSAT	0	0	0	0	
0052-323	0	0	0	0	0	0	
0053-145	0	0	0	0	0	0	
0056-353	0	0	0	0	0	0	
0105+214	0	0	0	0	0	0	
0106+354	0	0	0	0	0	269	0.44 0.665
0116+122	0	0	0	0	0	0	
0121+319 *	0	0	0	0	0	0	
0125-586	0	0	0	0	0	0	
0129+171	0	0	0	0	0	0	
0130-073	0	0	0	0	0	0	
0132+345 *	0	0	0	0	0	0	
0132-367	0	0	0	0	0	0	
0136-104	0	0	0	0	0	0	
0140+132	0	0	0	0	0	0	
0206-493	0	0	0	0	0	0	
0238-084	6.02E-13	ROSAT	6.68E-13	1.49E-12	165	0.86	0.325
0240-305	0	0	0	0	0	0	
0248+430	0	0	0	0	0	0	
0258+350	<3.03E-13	EINS	0	0	0	0	
0312-309	0	0	0	0	0	0	
0314-230	0	0	0	0	0	0	
0318-189	0	0	0	0	0	0	
0322-366	0	0	0	0	0	0	
0323-494	0	0	0	0	0	0	
0335+095 *	0	0	0	0	0	0	
0354-189	0	0	0	0	0	0	
0401-434	<4.2E-13	EINS	0	0	0	2.055	0.99
0402-812	0	0	0	0	0	0	
0425-046	0	0	0	0	0	0	
0428-097	0	0	1.00E-15	3.16E-14	920	0	
0428-539	0	0	0	0	0	0	
0438-663	0	0	0	0	0	0	
0445-176	0	0	0	0	0	0	
0446-238	0	0	0	0	0	0	
0457-175	0	0	0	0	0	0	
0503-285	0	0	0	0	0	0	
0504-496	0	0	0	0	0	0	
0505-375 *	1.45E-12	ROSAT	0	0	0	647	
0509-223	0	0	0	0	0	0	
0536+692	2.77E-13	EINS	0	0	0	0	

0626-633	0	0	0	0	0		
0636-325	0	0	0	0	0		
0715-572	0	0	0	0	0		
0722-094	0	0	0	0	0		
0803+074	0	0	0	0	0		
0840+502	0	0	0	0	0		0.15
0849+783	0	0	0	0	0		
0849+515	0	0	0	0	0	0.325	0.52
0851+589	2.31E-12	LIP	0	0	0		
0907+602	0	0	0	0	0		
0912-605	0	0	0	0	0		
0914+694	0	0	0	0	0		
0915-116	4.68E-11	ROS	0	0	0		
0918+510(1)?	4.71E-13	EINS	0	0	0	0.65	0.39
0931+273	0	0	0	0	0		
0931+103	<3.76E-13	EINS	0	0	0		
0936-336	0	0	0	0	0		
0938+034	0	0	0	0	0		
0945+725	0	0	0	0	0		
0951+692 *	9.29E-12	EINS	0	0	0	0.36	0.47
0958+559	5.91E-13	EINS	0	0	0		
0959+689	<3.1E-13	EINS	0	0	0	0.765	
1003+350	0	0	0	0	0		
1004-296	1.79E-13	LIP	0	0	0	2.325	1.38333333
1005-335	0	0	0	0	0		
1007-667	0	0	0	0	0		
1011+037	<4.12E-13	EINS	0	0	0		
1014+216 *	0	0	0	0	0		
1020+200	0	0	0	0	0		
1022-233	0	0	0	0	0		
1034+182	0	0	0	0	0		
1034-273	0	0	6.40E-14	1.96E-13	931		
1043+140	0	0	4.42E-13	1.86E-13	931		
1044+120	<5.51E-13	EINS	0	0	0		
1045-721 *	0	0	0	0	0		
1108+286	0	0	0	0	0		
1116+133	0	0	0	0	0		
1116-291	0	0	0	0	0		
1119+593	0	0	0	0	0		
1126+301	0	0	0	0	0		
1133+284	0	0	0	0	0		
1135-320	0	0	0	0	0		
1143+304	0	0	0	0	0		
1143+204 *	1.18E-12	EINS	0	0	0		
1146+563	0	0	0	0	0		
1146-331	0	0	0	0	0		
1148+553	0	0	0	0	0		
1155+323	<3.39E-13	EINS	0	0	0	0.965	0.51
1155+536	0	0	0	0	0		
1155+557 *	5.99E-12	EINS	0	0	199	0.8475	0.755

1158+621	<4.1E-13	EINS	0	0	0		
1200+604	0	0	0	0	0		
1203+526	0	0	0	0	0		0.165
1203+447(477)	0	0	0	0	0		
1204+433	0	0	0	0	0	0.14	0.27
1205+654	0	0	0	0	0		
1211+151	1.33E-13	EINS	0	0	931		
1213+134	1.14E-13	EINS	0	0	0		
1216+473	4.57E-12	EINS	0	0	0	2.035	1.305
1219+047 *	7.58E-13	ROS	2.68E-13	3.35E-13	931		
1223+092	0	0	0	0	0		
1224+153	0	0	0	0	0		
1225+132	1.23E-12	EINS	0	0	0		
1225+173	1.15E-12	EINS	0	0	0		
1228+126	1.05E-10	EINS	0	0	0	1.18	0.62
1229+146 *	7.53E-13	EINS	8.10E-14	2.81E-13	931		
1233+262	7.85E-10	EINS	0	0	0		
1234+134	6.00E-13	EINS	0	0	0		1.4
1235+120						0.31	0.31
1235+744	<1.65E-13	EINS	0	0	0		
1240-056	0	0	0	0	0		
1246-410	5.10E-11	EINS	0	0	0		
1248+413	2.04E-12	EINS	0	0	0	1.12	1.665
1250-413 *	0	0	0	0	0		
1254+219	7.89E-13	EINS	0	0	0	0.41333333	0.6
1255-294	0	0	0	0	0		
1258-321	0	0	0	0	0		
1258-306 *	0	0	0	0	0		
1300-234	0	0	0	0	0		
1300-319	0	0	0	0	0		
1305-241 *	0	0	1.70E-15	6.44E-15	920		
1308+371	0	0	0	0	0	0.27	0.355
1313+422	0	0	0	0	0		0.13
1314-318	0	0	0	0	0		
1315-094	0	0	0	0	0		
1315-098	0	0	1.70E-15	2.19E-15	920		
1316-123 *	2.32E-13	EINS	0	0	0		
1319-271	<5.9E-13	EINS	0	0	0		
1324-276	0	0	0	0	0		
1326-375	0	0	0	0	0		
1327+474 *	3.41E-12	EINS	0	0	511		
1327+475	2.32E-13	EINS	0	0	0	0.64	0.66
1332-277	0	0	0	0	0		
1336+483	0	0	0	0	0	0.4	0.305
1338+234	0	0	0	0	0		
1342+561 *	0	0	6.00E-15	4.03E-14	595	0.27	
1345-296	0	0	0	0	0		
1345-301	0	0	0	0	0		
1346+265	0	0	0	0	0		
1346-279	0	0	0	0	0		

1348-478	0	0	0	0	0	0		
1353+406(7)?	0	0	0	0	0	0		
1354-203	0	0	1.70E-15	8.50E-16	920	0		
1356-184	0	0	0	0	0	0		
1356-188	0	0	9.00E-16	0	920	0		
1357-286	0	0	0	0	0	0		
1400-411	0	0	0	0	0	0		
1403+539	<1.74E-13	EINS	0	0	0	0		
1404-267	0	0	0	0	0	0		
1408+134	0	0	0	0	0	0		
1425-497	0	0	0	0	0	0		
1426+276	0	0	0	0	0	0	0.04	
1430+365	0	0	0	0	0	0		
1431+056	0	0	0	0	0	0		
1431+529	0	0	0	0	0	0		
1443-515 (+?)	0	0	0	0	0	0		
1504+130	0	0	0	0	0	0		
1513+422 *	0	0	0	0	0	0		
1514+003	0	0	0	0	0	0		
1516+425	0	0	0	0	0	0		
1524+415	0	0	0	0	0	0		
1532+152	0	0	0	0	0	0		
1551+121	0	0	0	0	0	0		
1616+682	0	0	0	0	0	0		
1618+068	0	0	1.20E-15	0	920	0		
1630-605	0	0	0	0	0	0		
1637+826 *	0	0	0	0	0	0		
1647+3618	0	0	0	0	0	0		
1650+024 *	2.97E-12	ROS	0	0	0	0		0.58
1701+313	0	0	0	0	0	0		
1703+430	0	0	0	0	0	0		
1718-646	0	0	0	0	0	0		
1748+687 *	3.41E-13	LIP	7.30E-15	7.59E-15	865	0		
1753+183	0	0	0	0	0	0		
1755-637	0	0	0	0	0	0		
1831-469	0	0	0	0	0	0		
1846-789	0	0	0	0	0	0		
1907+508 *	0	0	5.40E-14	3.40E-14	200	0	0.315	0.43
1932-659 *	0	0	0	0	0	0		
1934-638 *	0	0	0	0	0	0		
1941-543 *	0	0	0	0	0	0	0.725	
2003-280	0	0	0	0	0	0		
2006-566	0	0	0	0	0	0		
2010-416	0	0	0	0	0	0		
2027-308	0	0	0	0	0	0		
2036+656	<5.81E-13	NED	0	0	0	0		
2051-704	0	0	0	0	0	0		
2054-435	0	0	0	0	0	0		
2055-425 *	0	0	0	0	0	0		
2120-227	0	0	0	0	0	0		

2142+420	0	0	0	0	0	0	
2146-350	0	0	0	0	0	0	
2153-216	0	0	0	0	0	0	
2157-336	0	0	0	0	0	0	
2159-224	0	0	0	0	0	0	
2159-227	0	0	0	0	0	0	
2205+311	0	0	0	0	0	0	
2213-217	0	0	0	0	0	0	
2214-527	0	0	0	0	0	0	
2220-382	0	0	0	0	0	0	
2224-354	0	0	0	0	0	0	
2226-659	0	0	0	0	0	0	
2243+394	0	0	2.50E-14	2.46E-13	595	0	
2254-367	1.03E-12	ROS	0	0	0	0	
2259+267 *	0	0	0	0	0	0	
2259+154	0	0	0	0	0	0	
2302+120 *	0	0	0	0	0	0	
2311-430	0	1.81E-11	ROS	0	0	0	
2316+053	0	0	0	0	0	0	
2322-123	2.71E-11	ROS	8.00E-16	6.88E-16	508	0.02	
2341+094 *	0	0	0	0	0	0	
2350+033	0	0	0	0	0	0	
2354-349	0	0	0	0	0	0	
2354-350	2.09E-11	ROS	0	0	0	0	

TABLA 3.2
FOTOMETRIA OPTICA Y DEL CERCANO INFRARROJO

NOMBRE IAU	B	R	J	H	K	REF	3.5(L)	REF	10(N)	REF
0017-515	6.64	16.7	0	0	0	0	0	0	0	0
0023-036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0023+168C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0024+168	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0045-255	2280	6710	3030	180	230	500	340	500	2900	500
0052-323	4.35	13.5	9.42	11.9	10.1	NEDc	0	0	0	0
0053-145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0056-353	5.92	15	0	0	0	0	0	0	0	0
0105+214	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0106+354	140+	0	322	321	231	924/NED	0	0	<60	924
0116+122	5.41\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0121+319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0125-586	3.93	7.27	0	0	0	0	0	0	0	0
0129+171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0130-073	28.9+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0132+345	4.14\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0132-367	7.84	20.4	0	0	0	0	0	0	0	0
0136-104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0140+132	66.3+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0206-493	0.783	1.97	0	0	0	0	0	0	0	0
0238-084	116+	283j	85	109	96	507	68	54	118	498
0240-305	8.99	19.6	0	0	0	0	0	0	0	0
0248+430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0258+350	18.9+	0	9.64	12.95	10.4	369	0	0	0	0
0312-309	7.3	19.7	0	0	0	0	0	0	0	0
0314-230	22.8	58.2	0	0	0	0	0	0	0	0
0318-189	9.46	22.7	0	0	0	0	0	0	0	0
0322-366	114	303	389	465	377	NEDc	0	0	0	0
0323-494	3.22	7.42	0	0	0	0	0	0	0	0
0335+095	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0354-189	8.66	30.7	0	0	0	0	0	0	0	0
0401-434	17.4	30.5	0	0	0	0	0	0	0	0
0402-812	19	51.5	0	0	0	0	0	0	0	0
0425-046	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0428-097	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0428-539	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0438-663	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0445-176	6.04	17	0	0	0	0	0	0	0	0
0446-238	3.2	8.59	0	0	0	0	0	0	0	0
0457-175	7.84	21.9	0	0	0	0	0	0	0	0
0503-285	6.06	1.93	0	0	0	0	0	0	0	0
0504-496	9.99	22.1	0	0	0	0	0	0	0	0
0505-375	204	555	483	699	605	257	580	257	680	215
0509-223	5.91	16.7	0	0	0	0	0	0	0	0
0536+692	86.6+	0	326	461	387	NED	0	0	0	0

0626-633	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0636-325	2.42	4.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0715-572	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0722-094	16.4+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0803+074	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0840+502	40.3+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0849+783	176+	0	434	529	417	NED	0	0	0	0	0	0
0849+515	156+	0	126	152	127	924	68	924	121	924	924	924
0851+589	60.5+	127j	44	52	39	924	20.1	924	11.1	924	924	924
0907+602	196+	102j	48	57	44	924	24	924	16	924	924	924
0912-605	15.5	31.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0914+694	79.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0915-116	11.7+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0918+510(1)?	392+	0	123	158	128	924	79	924	14	924	924	924
0931+273	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0931+103	42.6+	0	29.5	37	30	924	16.3	924	12.4	924	924	924
0936-336	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0938+034	20.6\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0945+725	144+	0	53	63	47	924	24.2	924	0	924	924	924
0951+692	2970+	0	5310	7170	5400	NED	0	0	1420	NED	NED	NED
0958+559	103+	196j	28	61	77	924	61	924	250	924	924	924
0959+689	243+	118j	176	220	167	NED	3000	609	3300	11	11	11
1003+350	0	0	3.15	4.44	4.45	NED	0	0	0	0	0	0
1004-296	17.8	30.7	26.1	31.36	24.8	257	0	0	0	0	0	0
1005-335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1007-667	45.6	98.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1011+037	158+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1014+216	27.1+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1020+200	51.2+	0	264	304	231	NED	0	0	0	0	0	0
1022-233	7.04	21.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1034+182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1034-273	37.8	82.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1043+140	64.5+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1044+120	385+	209	367	502	364	924	283	NED	0	924	924	924
1045-721	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1108+286	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1116+133	338+	474j	489	636	474	NED	0	0	0	0	0	0
1116-291	5.13	14.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1119+593	93.2	0	17.5	21.2	16.8	924	9.6	924	0	924	924	924
1126+301	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1133+284	0	3.53j	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1135-320	9.83	14.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1143+304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1143+204	17+	42.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1146+563	97.6+	0	68	85	71	924	31	924	0	924	924	924
1146-331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1148+553	25.4+	36.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1155+323	20.4+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1155+536	245+	0	28.5	36	28	924	14.8	924	<75	924	924	924
1155+557	96.7+	0	247	325	254	216	0	0	0	0	0	0

1158+621	100+	0	59	68	60	924	36	924	26.1	924
1200+604	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1203+526	68.1+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1203+447(477)	109+	0	11.2	13.5	11.1	924	7.6	924	11.2	924
1204+433	94.9+	0	143	170	132	924	72	924	24.5	924
1205+654	234+	0	82	97	74	924	40	924	<102	924
1211+151	178+	0	0	374	0	498	100	411	34	924
1213+134	171+	0	90	125	101	924	55	924	29	924
1216+473	976+	266j	521	678	520	NED	122	NED	0	0
1219+047	361+	0	78	92	82	924	35	924	78	924
1223+092	12.9+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1224+153	62.7+	0	50	68	59	924	37	924	145	924
1225+132	167+	0	62.2	91	76.6	411	43.2	250	32	240
1225+173	186+	0	41	51	43	924	25	924	21	924
1228+126	622+	679j	1050	1320	1030		265	NED	0	0
1229+146	306+	0	58	72	59	924	35	924	17	924
1233+262	289+	370j	1180	1750	1390	NED	0	0	<86	924
1234+134	335+	0	112	133	112	924	56	924	131	924
1235+120	274+	0	70.1	91	75.2	360	48.2	360	66.8	360
1235+744	89.8+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1240-056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1246-410	140	346	0	0	0	0	0	0	0	0
1248+413	1080+	991	232	304	249	924	140	924	88	924
1250-413	11.8	37.4	0	0	0	0	0	0	0	0
1254+219	768+	0	124	175	148	924	74	924	105	924
1255-294	12.4	30.1	0	0	0	0	0	0	0	0
1258-321	5.86	11.7	0	0	0	0	0	0	0	0
1258-306	13.6	31	0	0	0	0	0	0	0	0
1300-234	5.26	15.5	0	0	0	0	0	0	0	0
1300-319	10.9	28.9	0	0	0	0	0	0	0	0
1305-241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1308+371	243+	0	1150	1580	1240	NED	0	0	0	0
1313+422	804+	164j	111	119	84	924	55	924	38	924
1314-318	59	158	0	0	0	0	0	0	0	0
1315-094	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1315-098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1316-123	47.6+	116	0	0	0	0	0	0	0	0
1319-271	134	347	0	0	0	0	0	0	0	0
1324-276	6.87	12	0	0	0	0	0	0	0	0
1326-375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1327+474	1110+	0	100	136	102	462	61.9	175	200	581
1327+475	281+	0	1220	291	271	924/NED	192	924	290	924
1332-277	8.55	12.1	0	0	0	0	0	0	0	0
1336+483	10.75	28.6j	0	38	30.2	NED	25.3	NED	0	0
1338+234	3.06\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1342+561	3.99	0	14.5	15	19	505	30.07	360	30.8	360
1345-296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1345-301	12.5	38.8	0	0	0	0	0	0	0	0
1346+265	3.54+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1346-279	6.15	15.4	0	0	0	0	0	0	0	0

1348-478	10.2	17.2	0	0	0	0	0	0	0	0
1353+406(7)?	126+	175j	25	21	24	924	13	924	0	0
1354-203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1356-184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1356-188	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1357-286	10.7	29.1	0	0	0	0	0	0	0	0
1400-411	39.4	50.8	1.85	1.43	1.45	663	0	0	0	0
1403+539	131+	0	1.83	2.13	1.54	924	<3.6	924	0	0
1404-267	15.3	59.3	0	0	0	0	0	0	0	0
1408+134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1425-497	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1426+276	17.6\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1430+365	14.1\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1431+529	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1443-515 (+?)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1504+130	4.11\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1513+422	42.6+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1514+003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1516+425	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1524+415	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1532+152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1551+121	3.75\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1616+682	6.63\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1618+068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1630-605	51.1	118	0	0	0	0	0	0	0	0
1637+826	14.9\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1647+3618	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1650+024	12.9+	2.17j	30.8	63.1	47.2	521	41.7	521	0	0
1701+313	2.92\$	0	10.1	12	11.4	NED	0	0	0	0
1703+430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1718-646	23	81	0	0	0	0	0	0	0	0
1748+687	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1753+183	25.7\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1755-637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1831-469	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1846-789	6.17	18	0	0	0	0	0	0	0	0
1907+508	40.3+	15.9j	12.5	15	16	505	11	360	150	360
1932-659	11.6	24.1	0	0	0	0	40	921	0	0
1934-638	0	0	0.82	1.05	1.06	663	0	0	0	0
1941-543	4.78	4.09	0	0	0	0	0	0	0	0
2003-280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006-566	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010-416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2027-308	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2036+656	94.1+	0	61.5	86.4	75.4	NED	0	0	0	0
2051-704	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2054-435	8.15	23.9	0	0	0	0	0	0	0	0
2055-425	5.18	6.45	0	0	0	0	0	0	0	0
2120-227	2.92	7	0	0	0	0	0	0	0	0
2142+420	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2146-350	53.5	142	0	0	0	0	0	0	0	0
2153-216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2157-336	6.5	13.6	0	0	0	0	0	0	0	0
2159-224	5.2	12.9	0	0	0	0	0	0	0	0
2159-227	5.2	12.9	0	0	0	0	0	0	0	0
2205+311	167+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2213-217	37.7	72.5	0	0	0	0	0	0	0	0
2214-527	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2220-382	5.98	17.3	0	0	0	0	0	0	0	0
2224-354	8.79	13.1	0	0	0	0	0	0	0	0
2226-659	17.3	38.5	0	0	0	0	0	0	0	0
2243+394	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2254-367	176	565	0	0	0	0	0	0	0	0
2259+267	7.75\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2259+154	20.2+	54.5j	87.3	116	93.8	NED	0	0	0	0
2302+120	97.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2311-430	5.71	11.1	0	0	0	0	0	0	0	0
2316+053	7.47\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2322-123	0	3.91j	0	0	0	0	0	0	0	0
2341+094	47.6+	0	142	174	142	NED	0	0	0	0
2350+033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2354-349	5.91	16.7	0	0	0	0	0	0	0	0
2354-350	11.9	41	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLA 3.3
FOTOMETRIA IRAS Y RADIO

NOMBRE IAU	F(6)	F(11)	REF	F(HI)	F12	F25	F60	F100	f(FIR)
0017-515	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0023-036	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0023+168C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0024+168	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0045-255	2.08	3.52	VCV	6.49E-20	24.02	119.7	784.2	993.1	8.8946E-08
0052-323	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0053-145	0	0	0	0	<0.1118	<0.402	0.5928	<1.704	0
0056-353	0	0	0	0	<0.1248	<0.1868	0.6571	1.756	1.1131E-10
0105+214	0	0	0	0	<0.119	0.434	1.632	1.277	1.5366E-10
0106+354	0	0	0	1.96E-21	<0.1082	0.2041	2.143	3.98	2.9348E-10
0116+122	0	0	0	5.81E-23	<0.1118	<0.196	0.5153	1.688	9.9673E-11
0121+319	0	0	#61	0	<0.1717	<0.1637	1.261	2.869	1.9368E-10
0125-586	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0129+171	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0130-073	0	0	0	9.32E-22	<0.1211	<0.168	0.5625	2.57	1.3776E-10
0132+345	0	0	0	3.73E-23	<0.1937	0.2185	0.9662	1.019	1.0144E-10
0132-367	0	0	0	0	<0.1422	<0.09317	0.289	1.379	7.3113E-11
0136-104	0	0	0	0	<0.07715	0.3963	6.163	6.7	6.5504E-10
0140+132	0.156	0.18	VCV7	7.66E-21	2.421	7.526	65.54	102	8.1903E-09
0206-493	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0238-084	1.4	0.58	654	4.49E-22	0.2031	0.4906	0.9027	1.515	1.1719E-10
0240-305	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0248+430	0	0	0	0	<0.06539	0.19	4.023	6.916	5.2882E-10
0258+350	0.93	1.31	453	4.36E-22	0	0	0	0	0
0312-309	0	0	0	0	<0.1157	0.2992	1.801	3.275	2.4386E-10
0314-230	0	0	0	0	0.0944	0.1498	0.7113	1.961	1.2289E-10
0318-189	0	0	0	0	<0.09391	0.1045	0.5169	2.01	1.1259E-10
0322-366	0	0	0	1.34E-21	0.3149	0.7814	8.061	13.31	1.0378E-09
0323-494	0	0	0	0	<0.0729	0.0659	0.3856	0.8667	5.8801E-11
0335+095	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0354-189	0	0	0	0	0.1299	0.1057	1.031	3.247	1.9424E-10
0401-434	0	0	0	0	0	0.25	0.89	1.41	1.1221E-10
0402-812	0	0	0	0	0.1196	0.1216	1.118	3.963	2.2822E-10
0425-046	0	0	0	0	0.1566	1.405	4.129	3.304	3.9168E-10
0428-097	0	0	0	0	0.07342	0.2781	0.5536	<1.973	0
0428-539	1.84	0	#124	0	0	0	0	0	0
0438-663	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0445-176	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0446-238	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0457-175	0	0	0	0	<0.0892	<0.07838	0.2418	1.519	7.5714E-11
0503-285	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0504-496	0	0	0	0	0.36	0.67	2.53	3.67	3.0551E-10
0505-375	0.213	0.35	75	2.96E-21	4.435	16.14	87.81	137.2	1.0995E-08
0509-223	0	0	0	0	<0.07255	0.06406	0.4356	1.024	6.8214E-11
0536+692	0.06	0	0	3.66E-21	0.5511	0.5545	6.382	21.61	1.2625E-09

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

0626-633	0	0	0	0	<0.06705	0.06724	0.2727	<0.8557	0	0
0636-325	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0715-572	0	0	0	0	<0.0825	0.1751	2.193	4.815	3.2987E-10	0
0722-094	0.35	0.7	PKS	2.33E-21	0	0	0	0	0	0
0803+074	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0840+502	0.05	0.08	VCV7 <3mJ	0.1617	0.209	1.988	7.056	4.0619E-10	0	0
0849+783	0	0	0	1.87E-21	0.1762	0.2106	1.673	4.983	3.038E-10	0
0849+515	0	0	0	0	0.2685	0.5614	6.186	11.77	8.5835E-10	0
0851+589	0	0	0	1.20E-21	0.09841	<0.0975	0.3156	1.694	8.7331E-11	0
0907+602	0	0	0	0	0.09034	<0.07684	0.3694	1.163	6.9578E-11	0
0912-605	0	0	0	0	0.5	2.04	11.91	15.21	1.3559E-09	0
0914+694	0	0	0	8.17E-22	0.1179	<0.1180	0.6437	<3.009	0	0
0915-116	13.1	23.5	PKS	0	0	0	0	0	0	0
0918+510(1)?	0.03	0	0	6.61E-21	0.2817	0.2184	3.034	18.77	9.3849E-10	0
0931+273	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0931+103	0.19	0.24	VCV	2.25E-22	<0.08067	<0.2413	0.2192	<0.8109	0	0
0936-336	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0938+034	0.011	0	0	9.12E-23	<0.1325	<0.2602	0.708	1.657	1.1058E-10	0
0945-725	0	0	0	4.06E-21	0.4157	0.4549	5.004	19.94	1.1092E-09	0
0951+692	0	0	0	4.41E-20	0.7459	0.7845	6.806	32.03	1.7041E-09	0
0958+559	0.33	0	0	5.97E-21	1.523	2.272	44.5	89.22	6.3559E-09	0
0959+689	0	0	0	1.64E-20	0.5513	1.906	13.65	26.43	1.9123E-09	0
1003+350	1.34	2.01	VCV7	0	0	0	0	0	0	0
1004-296	0	0	0	0	0.1996	0.7909	5.042	5.134	5.2206E-10	0
1005-335	0	0	0	0	<0.1506	0.4235	2.615	3.172	2.9104E-10	0
1007-667	0	0	0	1.41E-21	0	0	0	0	0	0
1011+037	0.023	0	0	3.66E-21	0.5879	0.5572	6.508	20.55	1.2282E-09	0
1014+216	0	0	0	2.99E-22	0.1547	0.1404	1.427	3.669	2.3599E-10	0
1020+200	0.004	0	0	3.18E-22	0	0	0	0	0	0
1022-233	0	0	0	0	0.2964	1.198	11.25	14.84	1.2996E-09	0
1034+182	0	0	0	8.11E-23	0	0	0	0	0	0
1034-273	0	0	0	4.53E-22	<0.1831	<0.1708	0.8172	3.357	1.8515E-10	0
1043+140	0.035	0.13	PKS	7.18E-22	0.4758	1.094	6.005	12.56	8.784E-10	0
1044+120	0	0	0	3.40E-21	0.5347	0.5438	8.261	25.93	1.5529E-09	0
1045-721	0	0	0	0	<0.250#	<0.250#	0.643	1.542	1.0191E-10	0
1108+286	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1116+133	0	0	0	9.12E-22	0.1498	<0.4002	2.241	14.16	7.0498E-10	0
1116-291	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1119+593	0	0	0	2.19E-21	0.1272	0.09902	1.436	4.577	2.7271E-10	0
1126+301	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1133+284	0	0	#856.	0	0	0	0	0	0	0
1135-320	0	0	0	0	<0.1157	<0.1266	0.4706	1.394	8.5151E-11	0
1143+304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1143+204	0	0	0	2.07E-22	0	0	0	0	0	0
1146+563	0	0	0	1.79E-21	0.1085	<0.0746	0.4155	2.019	1.0657E-10	0
1146-331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1148+553	0	0	0	2.73E-22	<0.1167	0.1084	0.8279	<2.030	0	0
1155+323	0.035	0	0	6.61E-22	0	0	0	0	0	0
1155+536	0	0	0	3.47E-21	<0.1124	<0.0961	1.123	10.35	4.8284E-10	0
1155+557	0.073	0.11	919	3.05E-22	0.138	0.1594	0.4385	0.9342	6.4822E-11	0

1158+621	0.003	0	0	0	0.08607	<0.0970	0.5007	1.445	8.9078E-11
1200+604	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1203+526	0	0	0	5.92E-22	1.509	6.76	46.93	69.74	5.7334E-09
1203+447(477)	0	0	0	2.68E-21	0.2987	0.3393	4.55	21.25	1.1327E-09
1204+433	0	0	0	5.55E-22	0	0	0	0	0
1205+654	0	0	0	0	0.08947	<0.09018	0.5966	1.51	9.7708E-11
1211+151	0.033	0	0	3.73E-21	0.3553	0.4395	5.924	19.68	1.1568E-09
1213+134	0	0	0	2.23E-21	0.1466	<0.1951	0.9559	9.336	4.3194E-10
1216+473	0.17	0.42	VCV7	2.17E-20	2.25	2.81	21.6	78.39	4.482E-09
1219+047	0.157	0	0	5.60E-21	1.064	1.401	23.64	64.65	4.0634E-09
1223+092	0.13	0	#61	3.60E-23	0	0	0	0	0
1224+153	34	0	0	9.10E-23	0.539	1.443	7.985	16.85	1.174E-09
1225+132	0.065	0.09	710	2.13E-22	0.2089	0.1743	3.761	11.27	6.8567E-10
1225+173	0	0	0	3.08E-22	0.1085	<0.1296	1.343	6.952	3.6141E-10
1228+126	67.6	120	PKS	0	0.2312	<0.2409	0.3939	<1.016	0
1229+146	0.089	0	0	1.94E-21	1.02	1.278	13.71	54.65	3.0397E-09
1233+262	0.045	0	0	1.32E-20	0.7513	0.7322	6.65	30.44	1.6309E-09
1234+134	0.031	0	0	4.36E-22	0.4789	1.053	7.562	23.66	1.4185E-09
1235+120	0.057	0.11	708	4.57E-22	0.3492	0.379	4.742	18.09	1.019E-09
1235+744	0	0	0	0	<0.1111	<0.0957	0.2067	<0.8294	0
1240-056	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1246-410	1.33	2.21	PKS	0	0	0	0	0	0
1248+413	0.09	0	0	4.17E-21	2.79	3.5	55.7	104	7.65E-09
1250-413	0	0	0	0	0.108	0.3054	0.9907	1.912	1.3854E-10
1254+219	0.056	0	0	2.07E-21	1.913	2.538	34.38	74.5	5.1322E-09
1255-294	0.015	0	0	0	0.2408	0.9331	5.96	7.918	6.9074E-10
1258-321	0	0	0	0	<0.1007	<0.1872	0.592	1.666	1.0363E-10
1258-306	0	0	0	0	<0.1111	0.2875	0.7686	2.396	1.4382E-10
1300-234	0	0	0	0	0.1372	0.8456	13.66	15.26	1.4682E-09
1300-319	0	0	0	0	<0.1233	<0.1454	0.577	2.16	1.2235E-10
1305-241	0.22	0.28	PKS	0	<0.1452	0.6713	1.44	1.49	1.5005E-10
1308+371	0.062	0.07	VCV7	7.94E-22	0.9514	1.209	19.65	54.26	3.3984E-09
1313+422	0.116	0	0	1.89E-20	1.857	1.875	30.15	103.2	6.0085E-09
1314-318	0	0	0	0	0.2735	0.387	4.28	11.12	7.1239E-10
1315-094	0	0	0	0	<0.274#	<0.708#	0.853	<1.279#	0
1315-098	0	0	0	0	<0.274#	<0.708#	0.853	<1.279#	0
1316-123	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1319-271	0	0	#####	1.49E-21	0.1148	<0.1702	0.8911	3.57	1.9828E-10
1324-276	0	0	0	0	<0.0689	<0.1548	0.5566	0.74	6.453E-11
1326-375	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0
1327+474	0.362	0.63	346	1.02E-20	1.801	2.611	32.68	137.7	7.5415E-09
1327+475	0	0	0	0	0.7211	1.453	10.35	<74.38	0
1332-277	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1336+483	0	0	0	0	0.2307	0.9765	7.342	11.07	9.0331E-10
1338+234	0	0	0	0	0.125	0.6795	4.692	6.089	5.3804E-10
1342+561	0.073	0.148	NED	1.05E-22	0.2352	2.282	21.74	21.38	2.2209E-09
1345-296	0	0	0	0	<0.06074	<0.1576	2.158	3.376	2.7037E-10
1345-301	0	0	0	0	<0.1272	<0.0939	0.4312	1.453	8.5018E-11
1346+265	0.23	0.52	NED	0	0	0	0	0	0
1346-279	0	0	0	0	<0.1109	<0.2034	0.3013	<0.7125	0

1348-478	0	0	0	0	0.41	0	0.99	5.94	2.9888E-10
1353+406(7)?	0	0	0	1.94E-21	0.2075	0.223	3.311	14.8	7.9787E-10
1354-203	0	0	0	0	<0.3044	<0.2170	1.315	1.88	1.577E-10
1356-184	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1356-188	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1357-286	0	0	0	0	<0.1481	<0.2052	0.8007	2.438	1.4752E-10
1400-411	0	0	0	3.08E-21	<0.1239	0.4356	2.825	2.958	2.9575E-10
1403+539	0	0	0	5.25E-21	<0.0884	0.07589	1.331	4.802	2.7505E-10
1404-267	0.4	0.5	PKS	0	0	0	0	0	0
1408+134	0	0	0	0	0.1313	1.042	3.696	2.871	3.4716E-10
1425-497	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1426+276	0.096	0.11	132	4.92E-22	0.08383	<0.1120	0.2882	1.777	8.891E-11
1430+365	0.135	0.2	132	0	0.1006	<0.1217	0.4724	1.811	1.0187E-10
*****				0					0
1431+529	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1443-515 (+?)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1504+130	0	0	0	0	<0.1338	0.1142	0.622	2.122	1.2368E-10
1513+422	0	0	0	8.32E-22	0.2613	0.386	3.408	10.66	6.3914E-10
1514+003	1.37	1.87	PKS	0	0	0	0	0	0
1516+425	0.042	0	0	0	0.2098	1.393	9.212	10.7	1.0064E-09
1524+415	0.033	0.07	VCV7	1.49E-22	0.43	1.62	9.14	13.69	1.1209E-09
1532+152	0.036	0.06	VCV7	3.44E-22	0.5328	1.161	10.04	18.97	1.3878E-09
1551+121	0	0	0	0	<0.1160	0.1286	0.6319	1.199	8.7549E-11
1616+682	0	0	0	0	<0.07971	0.07345	0.848	1.635	1.1852E-10
1618+068	0	0	0	0	<0.08753	<0.1075	0.4642	<1.146	0
1630-605	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1637+826	0.978	1.37	347	0	0	0	0	0	0
1647+3618	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1650+024	0.179	0.3	651	2.35E-22	0.5578	3.417	22.68	27.78	2.5349E-09
1701+313	0	0	0	4.87E-23	<0.06953	0.2862	1.991	2.523	2.2589E-10
1703+430	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1718-646	3.7	4	PKS	8.09E-22	0	0	0	0	0
1748+687	0	0	0	0	0.05308	0.1042	0.5445	0.9663	7.2778E-11
1753+183	0.176	0.19	VCV	6.55E-22	0.1007	0.1005	0.6424	2.548	1.4192E-10
1755-637	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1831-469	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1846-789	0	0	0	0	0.06802	0.09108	0.3235	<2.327	0
1907+508	0.047	0.08	637	7.18E-22	0.3611	1.29	6.328	11.56	8.5894E-10
1932-659	0	0	0	0	<0.0812	0.1221	0.713	<2.3080	0
1934-638	6.13	11.5	PKS	0	0	0	0	0	0
1941-543	0	0	0	0	<0.07258	<0.1733	0.4247	<2.056	0
2003-280	0	0	0	0	0.1166	0.2648	1.79	2.468	2.1104E-10
2006-566	0.13	.	#244	0	0	0	0	0	0
2010-416	0	0	0	0	<0.1348	0.3433	5.228	5.165	5.3501E-10
2027-308	0	0	0	0	0.2788	0.3232	2.187	6.383	3.9193E-10
2036+656	0	0	0	1.79E-21	0.6169	1.374	13.21	37.47	2.3241E-09
2051-704	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2054-435	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2055-425	0	0	0	0	0.2844	1.906	12.78	9.948	1.2012E-09
2120-227	0	0	0	0	<0.1167	<0.1791	0.2499	0.7202	4.4419E-11

2142+420	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2146-350	0.004	0	0	0	0	<0.0526	<0.1345	0.218	0.7951	4.5392E-11
2153-216	0	0.11	PKS	0	0	0	0	0	0	0
2157-336	0	0	0	0	0	<0.1192	<0.1620	0.4189	1.05	6.8198E-11
2159-224	0	0	0	0	0	<0.1180	<0.1752	0.2456	0.6962	4.3193E-11
2159-227	0	0	0	0	0	<0.1180	<0.1752	0.2456	0.6962	4.3193E-11
2205+311	0	0	#####	6.55E-22	0	0.3762	0.3007	4.964	18.45	1.0473E-09
2213-217	0	0	0	0	0	<0.1504	<0.2277	0.8135	2.607	1.5505E-10
2214-527	0	0	0	0	0	0.07823	0.1442	1.122	1.565	1.33E-10
2220-382	0	0	0	0	0	<0.08807	<0.1281	0.26	0.8831	5.1542E-11
2224-354	0	0	0	0	0	<0.1070	0.2059	1.078	2.558	1.6976E-10
2226-659	0	0	0	0	0	<0.1386	0.1934	1.825	3.571	2.5716E-10
2243+394	3.24	6	NED	0	0	0	0	0	0	0
2254-367	0.72	0.82	PKS	0	0	0.123	<0.2105	0.4666	0.7488	5.921E-11
2259+267	0	0	NED	2.15E-22	0	0.1068	<0.1311	0.9016	2.275	1.4738E-10
2259+154	0.004	0	0	9.55E-22	<0.3235	<0.4937	3.799	7.395	5.3378E-10	0
2302+120	0.041	0	0	1.74E-21	0.8823	3.684	12.84	23.56	1.747E-09	0
2311-430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2316+053	0	0	0	0	<0.1342	0.275	1.41	1.509	1.4891E-10	0
2322-123	0.37	0.88	PKS	0	0	0	0	0	0	0
2341+094	0	0	0	1.58E-22	<0.1125	<0.1988	0.7911	2.53	1.5057E-10	0
2350+033	0	0	0	0	<0.1101	<0.2011	0.4487	1.25	7.8038E-11	0
2354-349	0	0	0	0	<0.09174	<0.1140	0.4835	1.419	8.6959E-11	0
2354-350	0.11	0.35	PKS	0	0	0	0	0	0	0

CAPITULO V

Breve estudio estadístico de LINERs

... and the darkness still has work to do.
- Peter Gabriel

5.1 Estadística general.

El catálogo de 216 LINERs recopilado se presta evidentemente para la realización de estudios estadísticos con un número sin precedentes de estos objetos. Como se expuso a lo largo de los capítulos anteriores, el número de objetos involucrados en los diversos estudios no se aproxima ni de lejos a esta cifra (con la excepción del muestreo de Palomar, que no está abocado únicamente a la detección de LINERs), y además los LINERs han sido estudiados conjuntamente con sus parientes en la cola de baja luminosidad, y hasta ahora en pocos casos se les ha estudiado aisladamente. Una razón que ya se había expuesto es que estos núcleos son objeto de una constante reclasificación conforme detecciones más finas y confiables son realizadas por nuevos instrumentos. Hay, sin embargo, suficiente evidencia de que pese a ello, los LINERs conforman una clasificación válida, en la que en efecto puedan estar mezclados muchos fenómenos, y que además su inclusión en la familia de los núcleos activos está plenamente justificada, toda vez de que ya han sido encontrados rastros de una componente no térmica en algunos de ellos.

Es importante por estas razones aclarar que el catálogo recopilado está de hecho *contaminado* por entre un 10 y un 15% de objetos de clasificación dudosa; con el paso del tiempo, algunos de estos objetos pasarán a formar parte de otros grupos, y otros permanecerán catalogados como LINERs. Pero este nivel de duda, sigue permitiendo realizar un estudio estadístico confiable con los datos recopilados, a pesar de que en algunas estadísticas como el análisis de componentes principales (sección 5.3) estos objetos de clasificación dudosa están sin duda sobrerrepresentados (esto es, que pesan en porcentajes mucho más considerables) por encontrarse entre ellos la mayor cantidad de galaxias con amplia información en multifrecuencias.

Pero dejando de momento a un lado este fenómeno, que resulta importante al abordar la información en multifrecuencias, hay un gran número de estadísticas generales que pueden realizarse con el grueso de los objetos, y que en consecuencia, nos hablan realmente de características propias de los LINERs como familia, y mas específicamente de propiedades como la morfología y el entorno de sus galaxias huésped.

Los LINERs de nuestro catálogo están albergados en galaxias mucho más cercanas a nosotros que los núcleos Seyfert 1 y 2, propiedad que era de esperarse dadas las luminosidades involucradas, ya que resulta más fácil detectar objetos más lejanos entre los objetos más luminosos; aunque por otro lado también puede atribuirse a que los NAGs más luminosos fueran más numerosos en tiempos remotos (correspondientes a esos mayores corrimientos). La figura 5.1a. corresponde a la distribución de corrimientos disponibles para 216 de nuestros LINERs. Las figuras 5.1b. y 5.1c. (Dultzin-Hacyan y Ruano, 1996; de aquí en adelante, DR96) presentan las distribuciones de corrimientos para 330 galaxias Seyfert 1 y 357 galaxias Seyfert 2 del catálogo LNN. El 45.5% de las Seyfert 1, el 52.7% de

las Seyfert 2 y el 85.64% de los LINERs tienen un corrimiento entre $z=0$ y $z=0.05$, el resto tienen obviamente corrimientos mayores siendo las Seyfert 1 las que tienen mayor número de objetos para corrimientos grandes y disminuyendo hacia las Seyfert 2 y los LINERs. Apenas un 1.4% de los LINERs tienen corrimientos mayores a $z=0.3$, porcentaje que es mayor al 7% en el caso de las Seyfert 1. La mediana de la distribución es $z=0.06$ para las Seyfert1, $z=0.03$ para las Seyfert 2 y $z=0.016$ para los LINERs (véase tabla 5A en sección 5.2).

Otra tendencia que reafirma este estudio es la de que los núcleos activos están asociados preferentemente a tipos morfológicos tempranos. En la figura 5.2a puede apreciarse la distribución en tipos morfológicos de Hubble para 219 LINERs. El 80.2 % de los LINERs clasificados morfológicamente (esto es, excluyendo los 32 LINERs para los cuales no se conoce ni en términos generales el tipo morfológico) están albergados en galaxias espirales, el 9.1% en galaxias elípticas y el porcentaje restante (10.7%) en galaxias peculiares, amorfas o compactas. Si para efectos de comparación con el muestreo de Palomar, agrupamos a los tipos S0 a Sbc en espirales tempranas, y a los tipos Sc en adelante en espirales tardías, encontramos que el 64% de los LINERs está en espirales de tipo temprano, y sólo el 9% en espirales de tipo tardío (figura 5.2b). Si extendemos aún más la definición y agrupamos a las galaxias elípticas en los tipos tempranos como hacen Ho y sus colaboradores en su estudio demográfico sobre el muestreo de Palomar, el porcentaje sube por lo tanto a 73% del total.

Con respecto al entorno, encontramos que el 42.2% de los LINERs parecen hallarse en galaxias aisladas, y el 57.79% en galaxias que pertenecen a un sistema (16.51% a pares, 22.93% a grupos y 18.34% a cúmulos). Esta cifra puede parecer baja, sobre todo en el escenario en que interacciones jueguen un papel importante en la existencia de un NAG, pero es necesario considerar que muchos de los núcleos aparentemente aislados podrían pertenecer a galaxias cuyo entorno no se ha analizado aún específicamente; los datos sobre entorno provienen sólo de dos fuentes: el catálogo LNN y el NED. Estas cifras son desde luego burdas, ya que sería deseable un verdadero estudio destinado a explorar la posibilidad de que los LINERs tengan un exceso de compañeras en comparación a una muestra de control de galaxias normales. Esta clase de estudio también tendría entre sus objetivos determinar qué porcentaje de objetos posee compañeras físicas, como en la investigación realizada para Seyferts 1 y 2 por Fuentes y Krongold (1997).

Con respecto a los colores, también se respeta la tendencia que ya se había encontrado para las galaxias Seyfert 1 y 2 (DR96) en el sentido de que los núcleos más brillantes son también más azules. Los LINERs resultan por tanto menos azules que los núcleos Seyfert 1 y 2, ya que sus colores globales están menos dominados por un núcleo brillante y más dominados por los colores de la galaxia subyacente. Es importante señalar que las dispersiones en los valores medios de los colores son grandes por un lado, porque se trata de observaciones hechas con diferentes diafragmas, y por otro, por el hecho señalado de que al aumentar el brillo del núcleo el color se vuelve más violeta; este color violeta proviene del núcleo no resuelto, mientras que al disminuir el brillo del núcleo, el color enrojece al aumentar la contribución de la galaxia huésped. La figura 5.3 muestra los histogramas correspondientes a U-B para galaxias Seyfert 1 y 2 y para LINERs (las dos primeras gráficas provienen de DR96), mientras que la tabla 5A (sección 5.2) muestra, en su apartado inferior, los promedios, desviaciones estándar y medianas encontrados para los colores U-B, B-V y V-R para los tres tipos de núcleo.

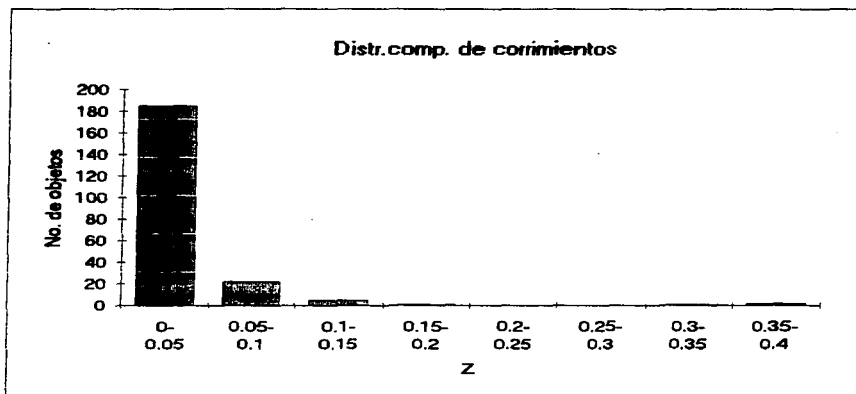
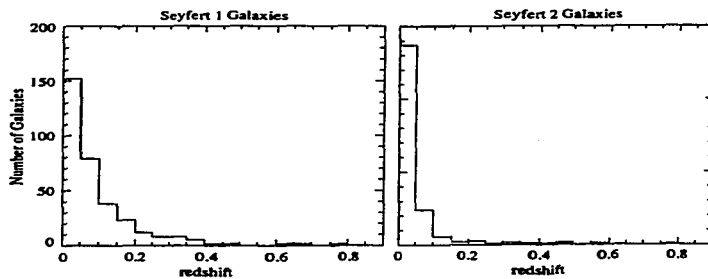
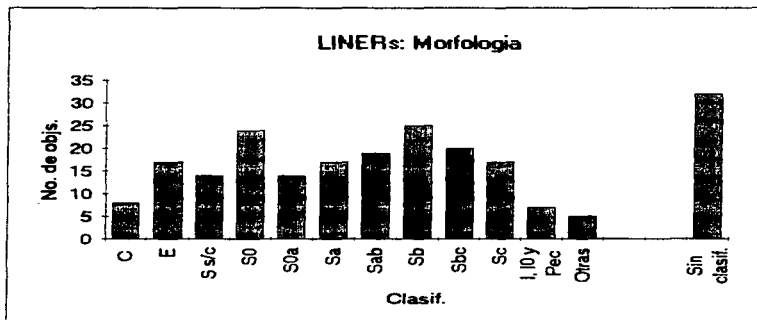


Fig 5.1a

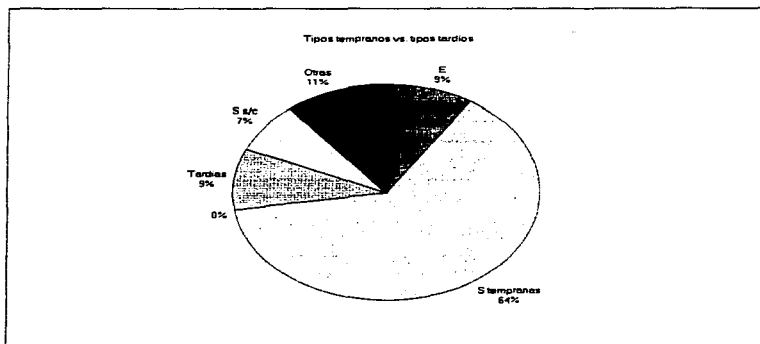


Figs. 5.1 by c.

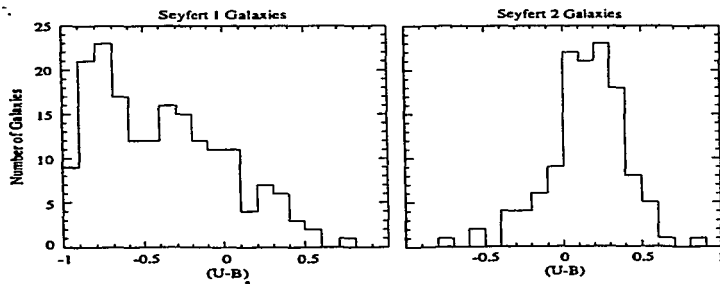
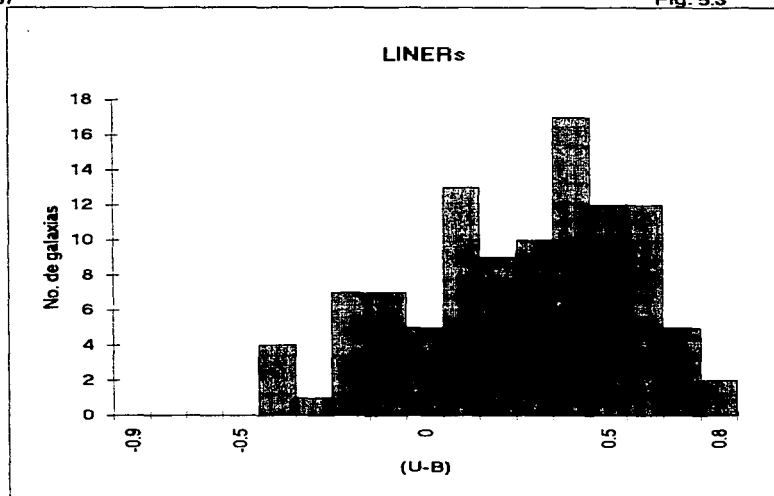
Los histogramas muestran la distribución de corrimientos para los 216 LINERs de este trabajo (fig. 5.1 a).
 330 galaxias Seyfert 1 (5.1b) y 357 Seyfert 2 (5.1c) del trabajo de Dultzin-Hacyan y Ruano (1996).



5.2 a



5.2 b



Los histogramas muestran la distribución de color U-B para 104 LINERs de este trabajo, 182 Seyferts 1 y 125 Seyferts 2 de Dultzin-Hacyan y Ruano (1996).

5.2 Luminosidades en multifrecuencias.

Para los análisis subsecuentes, fueron calculadas las luminosidades para cada frecuencia de cada objeto, haciendo uso de la relación:

$$L = 4 \pi R^2 f \quad (\text{erg / s})$$

R está en cm. y se calculó a partir de la relación: $R = cz / H_0 * (3.08 * 10^{24})$ (cm), con la constante de Hubble $H_0 = 75 \text{ km / s / Mpc}$, y siendo z el corrimiento al rojo del objeto respectivo. El flujo f (que debe estar en erg / s / cm^2) se obtiene previamente (excepto en los contados casos en que fué recopilado así directamente) de los flujos monocromáticos f_ν , y está dado por: $f = \nu f_\nu$, donde ν es la frecuencia correspondiente a la línea de emisión o al centro de la banda en la cual se realizó la observación. Durante la recopilación de flujos se trató de recopilar datos fotométricos tomados con aperturas semejantes para cada frecuencia; en el caso de hallarse disponibles varias aperturas para la mayor parte de los objetos se procedió a recopilar los datos de mayor apertura, siguiendo el criterio de recopilación usado en LNN. Para el cálculo de las luminosidades monocromáticas, los valores tomados en cada régimen de frecuencias fueron los siguientes:

En el caso de los rayos X suaves, se usaron las frecuencias correspondientes a 2.1 KeV ($\nu = 5.25 * 10^{17}$ Hz.) y 1.2 KeV ($\nu = 3.25 * 10^{17}$ Hz.) para los datos de los satélites Einstein y ROSAT respectivamente. Como se explicó en el capítulo 4, se conservaron preferentemente los datos del ROSAT en caso de encontrarse datos de ambas fuentes. En el caso del UV, se tomó $\lambda = 1575$ Å. como centro de la banda para el caso del lejano ultravioleta ya que la cámara LW (long wavelength) cubre de 1150 a 2000 Å. Por la misma razón se usó $\lambda = 2450$ Å. para los datos en el rango de la cámara SW, que cubre entre 1,850 y 3,300 Å. Se tomaron estos promedios debido a que la recopilación comprendió datos para 10 longitudes de onda diferentes en el caso de la cámara LW, y 8 diferentes para los objetos captados con la cámara SW.

Para el cálculo en la banda B se usó $\nu = 6.81 * 10^{14}$ Hz. (correspondiente a $\lambda = 4,400$ Å.), en la banda R se usó $\nu = 4.68 * 10^{14}$ Hz. (correspondiente a $\lambda = 6,400$ Å.), en la banda J se usó $\nu = 2.42 * 10^{14}$ Hz. (correspondiente a $\lambda = 12,400$ Å.), en la banda H se usó $\nu = 1.82 * 10^{14}$ Hz. (correspondiente a $\lambda = 16,500$ Å.), en la banda K se usó $\nu = 1.37 * 10^{14}$ Hz. (correspondiente a $\lambda = 21,900$ Å.), en la banda L se usó $\nu = 8.82 * 10^{13}$ Hz. (correspondiente a $\lambda = 3.4 \mu\text{m}$) y en la banda N se usó $\nu = 3 * 10^{13}$ Hz. (correspondiente a $\lambda = 10 \mu\text{m}$.)

Para el cálculo en la banda de 12 micras del IRAS se usó $\nu = 2.5 * 10^{13}$ Hz., en la banda de 25 micras se usó $\nu = 1.2 * 10^{13}$ Hz., en la banda de 60 micras se usó $\nu = 5 * 10^{12}$ Hz. y en la banda de 100 micras se usó $\nu = 3.16 * 10^{12}$ Hz.

Para el cálculo en 6 cm. se usó $\nu = 5 * 10^9$ Hz., en 11 cm. se usó $\nu = 2.7 * 10^9$ Hz. y en 21 cm. se usó $\nu = 1.42 * 10^9$ Hz.

Por último, para el cálculo de la emisión en el índice FIR, que extrapola la emisión entre 42.5 y 122.5 micras, se utilizó la fórmula del IPSC (IRAS Point Source Catalog: Catálogo de Fuentes Puntuales del IRAS):

$$\text{FIR} = 1.26 (F(60\mu\text{m}) + F(100\mu\text{m}))$$

Una vez obtenidas las luminosidades para cada rango de frecuencias para cada objeto, se obtuvieron los promedios, desviaciones estándar y medianas para efectos de comparación con los resultados análogos obtenidos para Seyfert 1 y 2 en DR96 y por Mas- Hesse et al.(1995) para el caso del UV. Todos estos resultados están recopilados en la tabla comparativa de luminosidades para galaxias Seyfert (tabla 5A). En ella puede observarse que los LINERs son significativamente menos luminosos que las Seyfert 2 en todas las regiones espectrales, siendo la menor diferencia en el rango del lejano IR; resultado que sigue la tendencia y la secuencia establecida entre Seyferts 1 y 2, que también puede observarse en dicha tabla.

Una vez establecida esta secuencia, la información de luminosidades permite emprender otra serie de comparaciones en base por ejemplo a los cocientes de luminosidades estudiados por Mas- Hesse y colegas (véase sección 2.4.6) o a la distribución espectral promedio de energía, que puede insertarse junto a las distribuciones conocidas para QSOs, Seyferts 1 y 2, y galaxias con brotes de formación estelar, identificadas con las siglas SFG, del inglés *Star Forming Galaxies*. (figura 5.4).

Decidimos insertar la distribución espectral de energía (DEE) promedio de nuestros LINERs en el esquema elaborado por Rodríguez- Pascual et al. (1992) y revisado en Mas- Hesse et al. (1995), porque aunque difieren en algunos aspectos de las distribuciones que pueden construirse con los datos mucho más numerosos de DR96 para Seyfert 1 y 2, nos permite la comparación con QSOs y SFGs. La gráfica 5.4 representa el logaritmo de la frecuencia, donde el rango va del orden de los 10^9 Hz. de la región del radio al orden de los 10^{18} Hz. de los rayos X duros, vs. el log. (vF_v) que equivale al logaritmo de la luminosidad con el que trabajamos en la tabla 1, y en otros análisis que explicaremos más adelante.

Las distribuciones para las 5 clases de objetos son muy similares en los rangos de bajas energías, tanto en la forma como en el orden de magnitud de las luminosidades. En los datos para Seyfert 1 y 2 de DR96 las luminosidades encontradas para el radio son más altas que en este caso, y hay una clara secuencia decreciente hacia los LINERs, que en la gráfica no es visible. En este caso, la luminosidad en el radio de los LINERs es del mismo orden que en las Seyfert 1 y 2 (considerando los mismos rangos de error de $\pm 1\sigma$); después el espectro de los LINERs se haría menos inclinado al movernos hacia el IR, donde los LINERs son menos luminosos que las otras cuatro clases de objetos. Entre el IR y el óptico, la DEE de los LINERs tiene un comportamiento distinto al de Seyferts 1, 2 y SFG, y más parecido al de QSOs al hacerse más duro (aunque para nuestros LINERs se graficó la luminosidad de la banda B en lugar de la banda V). La DEE se inclina pronunciadamente para llegar al régimen UV, donde los LINERs son otra vez la clase menos luminosa, pero un hecho interesante es que la forma del espectro en el dominio UV es prácticamente plano (con una ligera tendencia a parecerse al de los NAGs más luminosos, tendencia que puede ser estadísticamente irrelevante), un caso intermedio entre la forma del espectro de QSOs, Seyferts 1 y 2, y la de las SFG que muestran un exceso en el lejano UV (lo que quiere decir que en este régimen la emisión es más dura), atribuido por Rodríguez- Pascual y colaboradores a la presencia de una población importante de estrellas masivas jóvenes cuyos picos estarían alrededor de 1,000 Å.

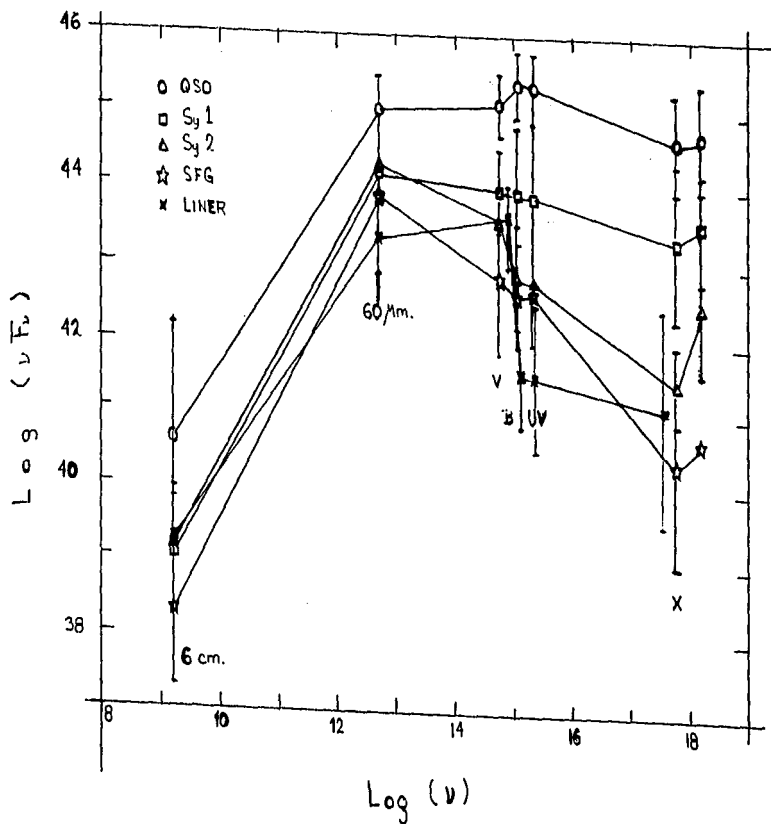
Entre el UV y los rayos X suaves, el espectro de los LINERs se aplana (y por lo tanto, se endurece), considerablemente, y con ello los LINERs pasan a ser significativamente más luminosos que las SFG en estas regiones de altas energías. Una vez más, la falta de datos en el régimen de rayos X duros impide verificar si la emisión ahí repunta como en el caso de todas las demás clases de objetos.

TABLA 5A
TABLA COMPARATIVA DE LUMINOSIDADES
PARA GALAXIAS SEYFERT

Log. Lumin. en erg / s	SEYFERT 1 (330 objetos)				SEYFERT 2 (357 objetos)				LINER (SY3) (219 objetos)			
	Prom.	σ	Med.	No. objs.	Prom.	σ	Med.	No. objs.	Prom.	σ	Med.	No. objs.
L (Sx)	43.18	0.7623	43.25	95	42.09	1.181	42.1	33	41.11	1.6533	40.57	33
L (LUV)	43.95*	0.9076*	44.19*	33*	42.88*	0.6592*	43.09	11*	41.49	0.9787	41.48	23
L (CUV)	43.82*	0.8847*	44.09*	36*	42.80*	0.6083*	42.88*	15*	41.54	0.7865	41.6	23
L (B)	44.17	0.536	44.15	303	43.81	0.4345	43.9	264	43.57	0.5638	43.61	150
L (HB)	42	0.9219	42.06	129	40.38	1.054	40.4	59	40.19	0.5781	40.05	16
L (O III)	41.81	0.8863	41.85	127	41.25	1.023	41.3	57	40.61	0.7821	40.59	14
L (R)									43.74	0.6419	43.82	89
L (J)	44.54	0.5833	44.57	89	43.98	0.6599	44.1	51	42.83	0.8591	42.96	57
L (H)	44.74	0.587	44.78	96	44.25	0.4923	44.4	52	42.82	0.8879	42.9	60
L (K)	44.73	0.6748	44.79	93	44.09	0.488	44.2	51	42.61	0.9014	42.69	59
L (L)	44.58	0.7593	44.63	77	43.83	0.5707	43.9	32	42.12	0.695	42.1	41
L (N)									41.65	0.845	41.64	29
L (12)	43.92	0.7682	44.1	50	43.7	0.5962	43.8	80	42.81	0.7814	42.89	86
L (25)	44.01	0.7982	44.09	80	43.81	0.6327	43.8	136	42.98	0.9981	43.08	97
L (60)	43.95	0.7329	43.93	86	43.91	0.5852	43.8	147	43.31	1.0009	43.32	149
L (100)	43.99	0.6748	44.05	80	43.9	0.563	43.9	140	43.52	0.8814	43.59	133
L (FIR)	44	0.694	44	88	43.94	0.5759	43.9	148	43.85	0.9208	43.88	133
L (6 cm)	40.4	1.861	40.35	78	40.11	1.858	39.6	76	39.19	1.5885	38.73	64
L (11 cm)									39.67	1.5115	39.25	39
L (21 cm)									44.34	1.7357	44.47	79
Colores y z	Prom.	σ	Med.	No. objs.	Prom.	σ	Med.	No. objs.	Prom.	σ	Med.	No. objs.
U-B	-0.38	0.401	-0.43	182	0.15	0.2488	0.17	125	0.31	0.2941	0.38	104
B-V	0.64	0.2549	0.64	210	0.89	0.2342	0.9	143	0.84	0.2696	0.89	124
V-R	0.75	0.1914	0.77	117	0.86	0.1554	0.87	84	0.86	0.149	0.92	15
z	0.09	0.1035	0.06	317	0.06	0.098	0.03	297	0.029	0.049	0.016	216

* Cantidades calculadas a partir de las tablas 2 y 3 de Mas-Hesse et al (1995).
 Todos los demás números para Sy 1 y Sy 2 son de la tabla 1 de Dultzin-Hacyan y Ruano (1996).
 Las cantidades para LINERs son resultados de este trabajo.

Distribución espectral promedio de energía



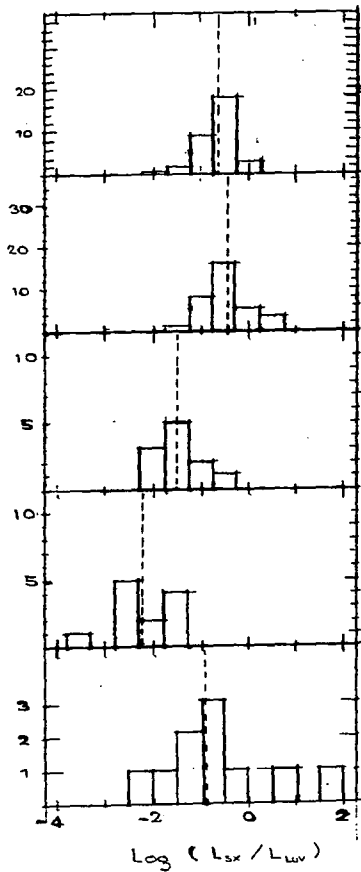
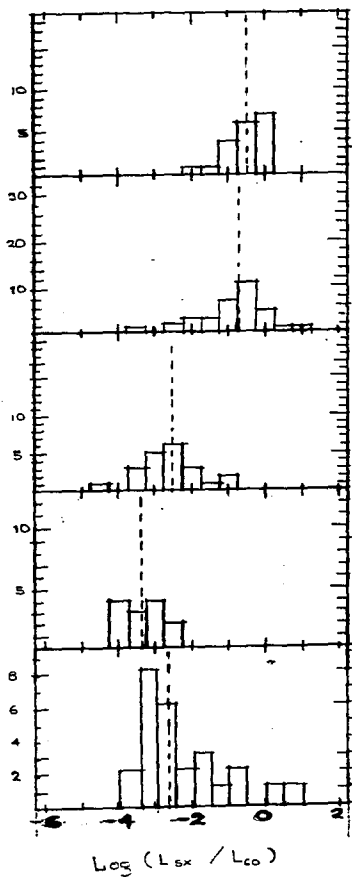
La comparación de dos cocientes de luminosidades de nuestros LINERs con los cocientes encontrados por Mas-Hesse y colaboradores para las otras cuatro clases de objetos proporciona resultados coherentes e importantes en nuestra discusión. La figura 5.5 muestra los histogramas hallados para los cocientes L_{sx} / L_{60} y L_{sx} / L_{Luv} para QSOs, Sy 1, Sy 2, SFG y LINERs. Los gráficos para las cuatro primeras familias corresponden a Mas-Hesse et al., y los histogramas para LINERs a este trabajo.

En el caso del primer cociente, la distribución para los LINERs se asemeja más a la de las Sy 2, que a la de las SFG, lo cual habla de que en esta secuencia, la importancia de los rayos X suaves respecto a la de la emisión infrarroja aumenta en los LINERs (al hacerse el logaritmo menos negativo), resultado coherente con lo observado en la DEE, donde si bien los LINERs son menos luminosos en 60 micras que las SFG, son mucho más luminosos que ellas en los rayos X suaves. El segundo cociente proporciona información más importante: la distribución en sí misma se parece más a la de las Seyfert 1, que a cualquier otra, y la mediana de la distribución se coloca de hecho entre las Seyfert 1 y Seyfert 2. Por tratarse de una distribución realizada con pocos objetos, podemos resaltar con cautela que parece que los LINERs muestran un claro exceso en Sx respecto a las SFG. Podemos aventurar entonces que si el primer cociente ayuda a separar claramente QSOs y Sy 1 de SFG (Green et al., 1992), y Sy 1 de Sy 2 por diferencias promedio de 2 órdenes de magnitud, el mismo papel podría tener el segundo cociente en el problema de separar las SFG de los LINERs.

También es fructífero explorar las correlaciones entre luminosidades. Muchos de los resultados en este rubro fueron obtenidos durante la rutina de análisis de componentes principales del código TABU, que es objeto de la sección 5.3. Se obtuvieron de esta manera los coeficientes de correlación para 116 pares de variables; al encontrarse algunas tendencias poco claras o resultados contradictorios, muchas de estas correlaciones fueron exploradas una a una para el mayor número de objetos posible, lo que permitió corroborarlas o descartar resultados espurios, obtenidos con muestras escasas y/o con gran dispersión. En otros casos, bastaron muestras del orden de los 15 a 20 objetos como las que se manejaron para el análisis de componentes principales para obtener una tendencia clara. La tabla 5B muestra estos resultados; por arriba de la diagonal, puede leerse el número de objetos involucrados en la estimación de la correlación, y por abajo de la diagonal, el coeficiente de correlación hallado para el par de variables respectivo.

En la discusión que sigue, hablaremos de que existe una alta correlación entre un par de variables cuando el coeficiente de correlación sea $r > 0.85$ (casos resaltados en rojo en la tabla 2). Se considerarán buenas correlaciones aquellas para las cuales $0.85 > r > 0.7$ (resaltados en amarillo), y una correlación regular cuando $0.7 > r > 0.6$ (resaltadas en verde). Las luminosidades están dudosamente correlacionadas cuando $0.6 > r > 0.5$ (resaltadas en azul cielo), esto es, que no podemos hablar de una tendencia clara. Todos aquellos pares para los cuales $r < 0.5$ se consideran no correlacionados (y fueron marcados con azul pálido, e incluso con ocre cuando $r < 0.1$ y podemos hablar incluso de anticorrelación).

Las zonas en las que podemos hablar de altísimas correlaciones son aquellas que involucran a las diferentes bandas del mediano y lejano IR entre sí (esto es L_{25} vs. L_{60} , L_{100} y L_{FIR} , etc.), y a las luminosidades del CIR entre sí (L_J vs. L_H , L_K , L_L y así sucesivamente). Otra correlación muy alta y además significativa se da entre el radio y los rayos X suaves, correlación que se debilita y desaparece entre el radio y el lejano y cercano UV. Esto resultaría explicable en el marco del efecto Compton



QSO

Sy 1

Sy 2

STB

LINER

Cocientes de luminosidades

TABLA 5B

Número de objetos involucrados
en la estimación de la correlación

Corr.	Sx	LUV	CUV	B	H β	(O III)	R	J	H	K	L	N	12	25	60	100	FIR	6 cm	11 cm	21 cm
Sx	*	10	11	22				17	22	22	17		22	21	26	24	24	19	14	17
LUV	0.76	*	7	15				7	15	15				15	15	17	17	14	10	
CUV	0.71		*	15				7	15	15	7			15			15	15	9	7
B		0.7		*			86	48	22	55			23	75	22	9	23	23	15	
H β					*	10								7			10	9		
(O III)					0.74	*									7		10	9		
R							*	18	15	15			9	15		9	15	20		
J				0.73			0.81	*	26	49	26		42	34	49	49	26	25	11	17
H	0.84	0.79	0.78	0.75					*	22	26			26	22		26	19	11	15
K	0.84	0.81	0.8	0.74						*			42	34	49	49	15	17		15
L								0.84			*			26			26	19		17
N												*								
12				0.77				0.73		0.72			*	34	42	42	29	29	15	29
25									0.745		0.78			*	34	34	29	29	15	29
60		0.85													*	49	42	42		
100		0.72														*	7	9		
FIR		0.74	0.77					0.788	0.73	0.74	0.7						*	42	15	29
6 cm		0.75							0.754		0.8		0.73	0.71				*	15	29
11 cm													0.78	0.77			0.75		*	15
21 cm																				*

Coefficientes de correlación
de luminosidades

inverso, en el cual electrones relativistas colisionan con fotones de radio que se convierten de esta manera en fotones de rayos X. Menos fotones UV serían formados gracias a este proceso, por lo que la correlación bajaría sin desaparecer. Esta interpretación supondría encontrar en esta correlación la contribución de un NAG, pero esta evidencia por sí sola no basta, ya que una alternativa muy plausible es que la correlación entre rayos X suaves y radio se deba a procesos relacionados con un brote estelar, como la generación de supernovas y binarias de rayos X y la posibilidad de vientos chocados de estrellas Wolf-Rayet (Ding Luo et al., 1990), que si bien es un proceso menos eficiente de formación de rayos X para objetos individuales, puede ser importante para brotes masivos.

Hay otras zonas de esta tabla, donde las correlaciones van de buenas a muy buenas; éste es el caso de las luminosidades en altas energías entre sí, esto es, los rayos X vs. el UV y en menor medida, vs. la banda B (siendo la excepción en éste caso, la baja correlación entre B y el CUV). Nuevamente, las interpretaciones dadas en el párrafo anterior son válidas, tanto si se trata de un NAG como de un brote, y se requieren estudios de otra índole para esclarecer el panorama.

También es el caso de correlaciones que van de buenas a muy buenas, el de la zona de los rayos X, el UV y la banda B vs. el cercano IR, donde las únicas correlaciones con $r < 0.7$ son J vs. LUV y CUV, casos en que el número de objetos involucrados es muy pequeño por los pocos objetos que hay en el catálogo con observaciones en el UV. El panorama es análogo entre el UV y el mediano y lejano IR, y en las frecuencias del óptico (B, H β , O III y R) entre sí.

Un tercer nivel lo constituirían aquellos rangos en que las correlaciones van de buenas a regulares. Este es el caso del óptico vs. el CIR, el CIR vs. el MIR y el FIR, y el radio vs. el mediano y lejano IR (aunque en este rango hay una correlación altísima entre L₁₀₀ y L_{6 cm}). Las correlaciones entre el óptico y el radio van de bajas a regulares, y entre el radio y el CIR van de bajas a buenas. En particular, la correlación entre la banda B y el radio reflejaría la contribución de sincrotrón de supernovas generadas en un brote y la de la emisión libre-libre del gas circumnuclear.

Hay correlaciones bajas o inexistentes entre B, R, H β , O III, y las frecuencias del mediano y lejano IR, con la excepción de B vs. L₁₂, L₂₅ y L₆₀. que son buenas o regulares. Es lógico que las líneas de emisión nada tengan que ver con el mediano y lejano IR, ya que éste responde al calentamiento de polvo por estrellas y las líneas al continuo ionizante. La banda R no puede relacionarse con el IR, dado que las estrellas que emiten en ella serían estrellas frías y que no tendrían demasiada relevancia en el calentamiento del polvo (lo contrario puede decirse para la banda B y su relación con el IR). Tampoco hay correlación entre rayos X suaves y las bandas del IRAS, lo cual resulta obvio: las partículas de polvo serían calentadas por fotones de rayos X hasta altas temperaturas de modo que radiarían en el CIR (donde sí hay correlación); por ello, el polvo frío y más lejano al núcleo que radia en FIR, poco tendrá que ver con estos fotones. Por último, se encuentra lógicamente que la emisión en 21 cm. asociada al hidrógeno neutro, que suele extenderse de manera más o menos uniforme por el disco de las galaxias, no está correlacionada con nada.

¿Qué semejanzas y diferencias hay con las correlaciones encontradas para galaxias Seyfert?

DR96 encontraron que en el caso de las Seyfert 1 prácticamente todo está correlacionado entre sí, lo cual apoya la hipótesis derivada del PCA de que un sólo proceso domina la emisión en todas las regiones espectrales (sección 2.4.6). Por el contrario, en las Seyfert 2 la mayoría de los parámetros no correlacionaron significativamente (casi todas caen por debajo de lo que consideramos una correlación

regular en párrafos anteriores), lo cual interpretan alegando que el escenario es más complejo por estar mezclado en cuanto a procesos físicos se refiere, ya que los procesos estelares y el oscurecimiento adquieren mayor importancia (Ruano, 1992). El hecho de que los LINERs se encuentren en un caso intermedio entre ambos tipos de galaxias Seyfert podría interpretarse por el hecho, reforzado por el PCA (sección 5.3) de que otra vez estamos en un escenario en que un sólo proceso físico parece ser el dominante en la emisión, proceso que podría asociarse con brotes estelares primordialmente.

Hay semejanzas y diferencias específicas que pueden destacarse: para las Seyfert 1, las correlaciones más altas son las de las luminosidades J, H, K, y L entre sí, como sucede para los LINERs. La muy alta correlación entre L_{12} y L_{SX} desaparece en Seyfert 2 y LINERs, y las de L_{12} y L_{25} vs. L_{CIR} son más bajas para el caso de los LINERs, aunque mucho más altas que para las Seyfert 2. Las buenas correlaciones encontradas entre L_{FIR} vs. L_B y L_{HP} para Seyfert 1, y que estarían asociadas con la contribución del disco (gas y polvo calentado por estrellas) desaparecen para Seyferts 2 y LINERs. Las correlaciones entre el CIR, el MIR y el FIR son importantes en Seyfert 1, menores en Seyfert 2 y vuelven a ser un poco más fuertes en el caso de los LINERs. Las buenas correlaciones de L_{CIR} con L_B y L_{6em} halladas para Seyferts 1 y 2 prevalecen para LINERs. La correlación entre rayos X suaves y el CIR encontrada para LINERs es importante en el escenario de brotes estelares circumnucleares. La correlación entre L_{25} y L_{HP} reportada para Seyferts 2 por Dultzin- Hacyan et al. en 1988, y descartada por DR96 con un mayor número de objetos tampoco parece existir para LINERs, aunque en este caso sólo se estudió en siete objetos.

La correlación de los rayos X suaves con el azul, cercano y lejano infrarrojo, y radio encontrada por Fabbiano, Gioia y Trinchieri (1988) para espirales normales, y de la que se habló en la sección 2.4.1, es válida para los LINERs hasta cierto punto: en los dos primeros casos es cierta, pero no hay tal entre rayos X suaves y lejano infrarrojo. La interpretación de este hecho ya se dió en párrafos anteriores, además de que hay que matizar que esas correlaciones para galaxias espirales normales encontradas por Fabbiano et al. eran más fuertes para las espirales tardías (donde abundan más las regiones H II) y los LINERs se hallan en un gran porcentaje en espirales tempranas. Un argumento igualmente interesante podría darse en el sentido de que la existencia de una componente adicional por mínima que sea en la luminosidad de los rayos X suaves, como radiación sincrotrónica comptonizada cuyo origen tenga que ver con un NAG, rompería la correlación encontrada para galaxias normales.

Como hemos visto hasta aquí, tan sólo la columna que establece las correlaciones entre los rayos X suaves y el resto de las regiones espectrales en la tabla 5B, proporciona valiosa información, pero que puede ser interpretada en el marco de dos perspectivas: que esté dominada por radiación sincrotrónica de un NAG, o por procesos relacionados a un brote. Pero no se puede discriminar entre ambos escenarios (siendo lo más probable una mezcla de ambos), ni decir mucho más sobre el significado de las correlaciones entre las luminosidades de nuestros LINERs, pues nuevamente falta una pieza clave: la luminosidad en rayos X duros (que suele ligarse al disco de acreción de un NAG, porque no se conocen procesos que involucren estrellas o brotes capaces de generarlos), para sacar conclusiones más esclarecedoras. Sin embargo, el análisis que se reseña en la siguiente sección, complementa algunas de las ideas hasta aquí expuestas.

5.3 Análisis de componentes principales.

El Análisis de Componentes Principales (PCA por las siglas en inglés: *Principal Component Analysis*) es un método estadístico que permite determinar el número mínimo de variables independientes (es decir, no correlacionadas), a las que también se les llama *factores*, subyacentes a una cantidad mayor de variables observadas. El número de factores significativos revela la dimensionalidad del espacio generado por las observaciones. Se decidió aplicarlo a los objetos recopilados para esta tesis porque el análisis dimensional es una herramienta muy útil en estudios de clasificación, y es de suma importancia en la comprensión del problema de correlaciones entre diferentes variables.

Desechando aquellos parámetros que contribuyen poco a la descripción del sistema, se encuentra su verdadera dimensionalidad. En el estudio de PCA para galaxias Seyfert 1 y 2 (DR96), se consideraron relevantes sólo aquellos eigenvalores que sumados contribuyeran con el 90% o más de la varianza. Una descripción completa de cómo trabaja la rutina del PCA puede encontrarse en el Apéndice 1.

La rutina de PCA del código TABU en su versión para UNIX nos fue proporcionada amablemente por el Dr. Jaime Perea del Instituto de Astrofísica de Andalucía. Esta rutina permite analizar simultáneamente hasta seis columnas de datos para seis variables distintas. El problema principal para efectuar este tipo de análisis es conseguir muestras de objetos que tengan información en todas y cada una de las seis variables analizadas, y que de preferencia éstas se repartan por regiones distintas del espectro electromagnético para que los resultados sean significativos. La tabla comparativa de luminosidades para galaxias Seyfert (tabla 5A) muestra el número de LINERs que poseen datos en los distintos rangos de frecuencias. En ella puede apreciarse que elaborar selecciones de objetos que tengan datos de luminosidades en el UV, los rayos X suaves y las líneas de emisión de H β y O III, y al mismo tiempo en otros rangos de luminosidades, resultó especialmente difícil dados los pocos objetos involucrados.

La otra gran dificultad es la posible sobrerrepresentación de objetos dudosamente clasificados en estas muestras, ya que entre éstos hay un gran porcentaje de los objetos que tienen información que cubre gran parte del espectro. Por ello entre las muchas muestras analizadas, se determinó su confiabilidad y posible grado de *contaminación* por objetos que podrían ser Seyferts 1 o 2 (o incluso galaxias de brote), de manera que se basó la discusión final en las muestras que presentaron este factor en menor medida para que las conclusiones pudieran ser consideradas como representativas de los LINERs como especie.

Pasemos sin más preámbulos a explicar el tipo de información que puede extraerse de cada uno de los PCAs y las tendencias encontradas al revisarlos en conjunto.

El primer ejemplo corresponde a un análisis llevado a cabo con 23 objetos y 5 variables: las luminosidades en las bandas B y J, 12 micras (IRAS), FIR y 6 cm.

PCA 1

Matriz de correlación

B	J	12	FIR	6 cm
1.00				
0.566	1.00			
0.629	0.657	1.00		
0.578	0.542	0.965	1.00	
0.65	0.588	0.845	0.773	1.00

Eigenvalor	Pctje.	Pctje. acumulado
3.7424	74.848	74.848
0.56667	11.333	86.182
0.44039	8.8079	94.99
0.23165	4.6331	99.623
0.0188694	0.37739	100

Vbe.	Ev-1	Ev-2	Ev-3	Ev-4	Ev-5
1	-0.404	-0.4962	0.7352	0.2235	0.0116
2	-0.3944	-0.6389	-0.6505	0.0143	-0.1136
3	-0.4953	0.3088	-0.1346	0.1927	0.7773
4	-0.4687	0.4705	-0.0629	0.4356	-0.6044
5	-0.4651	0.1699	0.1196	-0.8503	-0.1323

El programa nos proporciona en primer lugar, una matriz de correlaciones. Estas matrices fueron recopiladas en algunos casos en la tabla 2; en otros casos, habíamos dicho, las tendencias fueron exploradas uno a uno. La forma de esta matriz es parecida a la encontrada en los análisis de componentes principales realizados por Ruano (1992) para Seyfert 2, por el hecho de que entre estos objetos, B y J están bajamente correlacionados con el resto de las variables. Pero la información nueva que estamos buscando nos la proporciona los eigenvalores encontrados, y en especial, el porcentaje de la varianza que cada uno de éstos carga (así como el porcentaje que se va acumulando al ir agregando cada uno de estos nuevos factores ortogonales). Tras los eigenvalores, el programa proporciona las componentes de los eigenvectores, que delatan en especial el peso o proyección que tiene cada variable en cada uno de los eigenvectores encontrados.

En este caso analizado, el primer eigenvalor carga con casi el 75% de la varianza, mientras que el resto (casi un 25%) se reparte prácticamente entre los tres siguientes, siendo el quinto completamente irrelevante. En el caso de los eigenvectores, podemos ver, estudiando las magnitudes de sus componentes, que todas las variables *pesan* de manera similar en el primer eigenvector, lo cual permite especular que hay un proceso primordial involucrado (al que están todas asociadas en gran medida) que determina esta contribución tan equitativa de las variables a este primer elemento del nuevo espacio dimensional. Hay pues, un primer proceso físico subyacente que unifica y lleva un gran porcentaje de la varianza.

El segundo eigenvalor carga con un 11.33% de la varianza, los dos siguientes con el 8.8% y el 4.6% respectivamente. Aquí es donde esperamos que las proyecciones de las variables sobre estos eigenvectores secundarios, nos revelen pistas sobre su naturaleza. La mayor contribución en magnitud

al segundo eigenvector encontrado corresponde a la emisión en J; para el caso del tercer eigenvalor es la emisión en la banda B, y para el cuarto la emisión en 6 cm.

La interpretación requeriría de lanzar una hipótesis inicial que fuera corroborada o descartada por los análisis siguientes. Así que se partió de los siguientes escenarios posibles: 1) que el proceso dominante fuera el brote, y las otras tres componentes ortogonales, corresponderían a factores relacionados con la galaxia subyacente; 2) que el proceso dominante fuera la emisión no térmica asociada a un NAG, y el proceso secundario un brote estelar, como en los casos de las Seyfert 1 (87% y 13% respectivamente - DR96) y en mucho menor medida, de las Seyfert 2 (54% y hasta 46%, respectivamente- ídem). Este escenario parece poco factible dado que implicaría que el NAG tuviera otra vez una preponderancia grande (mucho mayor que en las Seyfert 2) en los LINERs, y no se seguiría la secuencia en la cual se insertan naturalmente, ni sería coherente con la luminosidad y las intensidades de las líneas en los LINERs; 3) que el proceso dominante fuera el brote, y el proceso secundario la componente del NAG. Esta sería la tendencia lógica que esperaríamos se manifestara, de acuerdo a las hipótesis de muchos trabajos ya reseñados; y 4) que el proceso importante fuera el brote, el proceso secundario fueran las contribuciones de la galaxia subyacente, y del NAG se hallara apenas una pequeña contribución, ó, que de plano ésta fuera indetectable en este tipo de análisis, y las evidencias de que los LINERs realmente tengan una contribución de NAG tengan que buscarse en otro lado (como la componente UV detectada en M81, o las componentes anchas de H α detectadas en muchos objetos).

Sin embargo, la selección de variables en este análisis no permite avanzar mucho en la discriminación entre estos escenarios, por no involucrar altas energías. Además esta muestra, pese a ser de las más extensas analizadas, puede estar contaminada en una porcentaje alto por galaxias Seyfert 2, ya que 10 objetos de esta muestra tenían problemas de clasificaciones contradictorias en fuentes distintas. No todos ellos serán realmente objetos mal clasificados (muchos de ellos serán realmente LINERs) pero éste es un buen ejemplo de cómo una muestra con estos problemas, entorpece la interpretación. Por ello, proseguimos con los ejemplos:

La segunda muestra (página 100) que analizaremos se consideró en cambio mínimamente *contaminada* e involucró 15 objetos bien clasificados y 6 luminosidades: LUV, B, H, K, 25 μ y 60 μ ; de manera que abarca cinco regiones de interés bien diferenciadas: el UV, la banda B del óptico, el CIR, el MIR y el FIR. Aquí, la matriz de correlación se parece a las halladas para Seyfert 1 por Ruano, en dos sentidos: que todas las luminosidades están altamente correlacionadas y que el primer eigenvalor carga con cerca de un 85% de la varianza. Ambas cosas hablan de un proceso que está dominando claramente, como lo hace el hecho de que las proyecciones sobre este eigenvalor sean de magnitudes parecidas y todas en el mismo sentido.

En el segundo eigenvalor (8% de la varianza), aunque las proyecciones son parecidas en magnitud, apuntan ya en sentidos diferentes unas de otras; la proyección más grande corresponde a 25 micras, pero no domina con claridad a las otras. El tercer eigenvalor está asociado a B en mayor medida que a las otras variables y carga con un 4.4 %. Si bien el cuarto eigenvalor apenas aporta el 2.3% es importante mencionarlo porque es ahí donde el LUV se convierte en la variable dominante. Por la gran cantidad de fenómenos involucrados, parece adecuado extender el análisis hasta este grado de fineza, mientras que para las Seyfert 1 y 2 el panorama parecía claro considerando menos eigenvalores. Pero también hay que recordar que el espacio resultó básicamente unidimensional para las Seyfert 1, y tridimensional para las Seyfert 2. En el caso de los PCAs de los LINERs, el espacio parece ser muchas

veces tetradimensional, sobre todo porque tras el primer eigenvalor, los factores ortogonales cargan con pesos importantes, siendo la disminución en este peso menos abrupta.

PCA 2

LUV	B	H	K	25	60	
Matriz de correlación						
1.00						
0.699	1.00					
0.794	0.813	1.00				
0.812	0.822	0.997	1.00			
0.903	0.733	0.767	0.799	1.00		
0.847	0.749	0.753	0.784	0.983	1.00	
Eigenvalor	Como pctje.	Pctje. acumulado				
5.0894	84.823	84.823				
0.49772	8.2953	93.118				
0.26369	4.3949	97.513				
0.13936	2.3227	99.836				
0.008677	0.14462	99.980				
0.00117371	0.0195618	100.00				
Vble.	Ev-1	Ev-2	Ev-3	Ev-4	Ev-5	Ev-6
1	-0.406	0.302	0.3671	-0.7574	0.1857	-0.0321
2	-0.3853	-0.3808	-0.7721	-0.3297	-0.0405	0.0054
3	-0.4114	-0.4512	0.3421	0.2004	0.0926	0.6792
4	-0.4185	-0.3909	0.3072	0.2222	-0.1043	-0.7193
5	-0.4165	0.4625	-0.0612	0.1896	-0.7454	0.1315
6	-0.4109	0.4399	-0.2322	0.4383	0.6235	-0.0541

Este segundo análisis parece ser un buen ejemplo del dominio de procesos asociados a un brote estelar en las luminosidades involucradas. Una vez más la hipótesis de que fuera el NAG el proceso dominante en tan alta medida y por lo tanto los LINERs fueran *miniSeyferts* 1 parece descabellada, por lo débil que parece ser el continuo ionizante en estos objetos. Sin embargo, podría haber una pequeña contribución del NAG vía la cola de la joroba azul (emisión térmica del disco de acreción) en el UV que aportaría al cuarto eigenvalor. Sobre esta hipótesis se seguirá elaborando más adelante.

Pasemos ahora a un ejemplo (pág. 101) muy parecido al anterior, pero donde corremos un poco los extremos hacia las energías bajas; esta nueva muestra de 15 objetos involucra al CUV en lugar del LUV, y al FIR en lugar de la emisión en 60 micras.

Encontramos entonces un par de resultados muy reveladores. En primer lugar, el peso en la varianza del primer eigenvalor baja con respecto al ejemplo anterior. Los dos siguientes eigenvalores cargan ahora con pesos similares (8.3% y 7.2%) y están dominados por las frecuencias del IR, y por la luminosidad en B, respectivamente. El cuarto eigenvalor está dominado otra vez por el UV, aunque ahora es por el cercano ultravioleta. Pero como puede observarse en la matriz de correlaciones, la

correlación entre el CUV y la banda B es más baja ($r = 0.583$) que entre el LUV y la banda B en el ejemplo anterior ($r = 0.699$). Esto puede resultar desconcertante por el hecho de que el CUV está más cercano a la banda B en energía y sin embargo parece más desconectado y por tanto menos relacionado con los procesos dominantes en la banda azul; pero entra dentro del marco de especulaciones a las que volveremos más adelante.

PCA 3

Matriz de correlación.

CUV	B	H	K	25	FIR	
1.00						
0.583	1.00					
0.779	0.706	1.00				
0.795	0.718	0.998	1.00			
0.884	0.725	0.76	0.773	1.00		
0.769	0.802	0.731	0.742	0.962	1.00	
Eigenvalores		Pctje.		Pctje. acumulado		
4.9162		81.937		81.937		
0.50017		8.3361		90.273		
0.43671		7.2785		97.552		
0.13491		2.2485		99.8		
0.01096		0.18267		99.983		
0.0010311		0.01719		100.00		
Vble.	Ev-1	Ev-2	Ev-3	Ev-4	Ev-5	Ev-6
1	-0.4004	-0.1297	-0.5784	0.6465	0.2641	0.0247
2	-0.3746	0.392	0.6789	0.4874	-0.0839	0.0234
3	-0.4138	-0.5182	0.2	-0.2113	0.0089	0.6896
4	-0.418	-0.4949	0.1852	-0.1519	-0.0317	-0.7225
5	-0.4247	0.3071	-0.352	-0.2126	-0.7455	0.0225
6	-0.4161	0.4709	-0.0802	-0.4812	0.6053	-0.0278

El siguiente PCA (pág. 102) involucra 15 objetos y luminosidades en 5 bandas diferentes: R, H, K, 25 micras y el lejano infrarrojo (FIR).

En este caso, el primer eigenvalor carga con un 73.4% de la varianza; y los dos siguientes con poco más del 25%, así que hablaríamos de un espacio básicamente tridimensional. El segundo eigenvalor está dominado por la emisión en el mediano y el lejano infrarrojo; y el tercero claramente por la emisión en la banda R. La emisión en la banda R estaría asociada a la población normal de la galaxia (estrellas de tipos espectrales K con temperaturas del orden de los 5,000 grados K.), por lo que en base a este análisis podría apoyarse el escenario en que el 73% de la emisión esté asociada a un brote circumnuclear, y el otro 25% a la galaxia subyacente, lo cual nos habla de cómo la inclusión de diferentes bandas nos parten las diferentes contribuciones, y cómo en el caso de los LINERs todos los procesos mencionados pesan de manera diferente en cada región espectral, y por tanto, en cada muestra.

PCA 4

Matriz de correlación.

R	H	K	25	FIR
1.00				
0.583	1.00			
0.631	0.996	1.00		
0.508	0.568	0.605	1.00	
0.543	0.621	0.657	0.925	1.00

Eigenvalores	Pctje.	Pctje. acumulado
3.6692	73.384	73.384
0.75249	15.05	88.434
0.50428	10.086	98.519
0.072803	1.4561	99.976
0.001222	0.024448	100.00

Vble.	Ev1	Ev2	Ev3	Ev4	Ev5
1	-0.3912	-0.2241	-0.8912	-0.0146	0.0468
2	-0.464	-0.4421	0.3511	-0.0294	0.682
3	-0.4781	-0.4042	0.2737	-0.0308	-0.7296
4	-0.44	0.581	0.0591	-0.6819	0.0174
5	-0.4577	0.5034	0.0631	0.73	0.0139

El siguiente PCA abarca cinco regiones: los rayos X suaves, la banda B del óptico, el CIR, el MIR y el FIR (pág. 103).

Un proceso principal domina equitativamente todas las bandas y el primer eigenvalor; el siguiente 20% está repartido entre dos eigenvalores dominados por la emisión en 60 micras y en la banda B respectivamente. El cuarto eigenvalor, con un peso apenas menor al del tercero, está dominado por los rayos X suaves. De todas las correlaciones buscadas por la matriz respectiva entre las luminosidades de los 22 objetos, las menores son las de los rayos X suaves y las bandas del CIR con la emisión en 60 micras, pero también la conexión entre SX y B es baja en comparación con las demás, como mencionamos sucedió entre esta banda B y las bandas del UV en otras muestras. Esta muestra podría estar proporcionando rastros de la presencia de tres componentes: un brote, la galaxia subyacente y un NAG, que apenas se manifestaría en las altas energías, desligando a éstas en cierta medida de la banda en la que se da el pico de emisión de las estrellas jóvenes menos masivas asociadas a brotes.

PCA 5

Matriz de correlación.

SX	B	H	K	12	60
1.00					
0.691	1.00				
0.836	0.748	1.00			
0.836	0.759	0.997	1.00		
0.577	0.769	0.694	0.714	1.00	
0.39	0.638	0.509	0.53	0.959	1.00

Eigenvalores	Pctje.	Pctje. acumulado
4.5678	76.13	76.13
0.94526	15.754	91.884
0.27328	4.5547	96.439
0.20021	3.3369	99.776
0.011029	0.18383	99.96
0.002406	0.040102	100.00

Vble.	Ev-1	Ev-2	Ev-3	Ev-4	Ev-5	Ev-6
1	-0.3898	-0.4282	0.0384	-0.813	0.0477	0.0056
2	-0.4124	0.0399	0.8797	0.2225	0.0699	0.0031
3	-0.4316	-0.3211	-0.2911	0.3671	0.1617	-0.6819
4	-0.4362	-0.2959	-0.2808	0.3548	-0.0324	0.7186
5	-0.4186	0.4446	-0.1333	-0.0856	-0.7673	-0.1154
6	-0.3552	0.6533	-0.208	-0.1471	0.6139	0.0724

En busca de nuevas pistas de la aportación de una componente no térmica presentamos un último ejemplo (pág. 104) que abarca las regiones de bajas energías. Esta muestra consta de 29 objetos y explora tan sólo la correlación entre 4 luminosidades: 12 y 25 micras, FIR y la emisión de radio en 6 cm.

Esta muestra nos permite explorar la naturaleza de la emisión del radio en LINERs, que puede ser de orígenes muy diversos (sección 2.4.5). Resulta estar medianamente correlacionado con el MIR, y en menor medida con el FIR, y domina al segundo eigenvalor que lleva el 11% de la varianza. Estas correlaciones, por regulares que sean, descartarían que la emisión en radio viniera primordialmente de una componente de NAG, y apoyarían el escenario alternativo en que el radio tendría un origen sincrotrónico pero de origen estelar (remanentes de supernovas), estrellas que a su vez serían las responsables indirectas de la emisión en el infrarrojo.

Los resultados totales de todos los análisis realizados (poco más de 20) constituyen el apéndice 2 de este trabajo, siendo los anteriores los más confiables y representativos.

PCA 6

Matriz de correlación

	12	25	FIR	6 cm
1.00				
0.971	1.00			
0.95	0.922	1.00		
0.733	0.712	0.603	1.00	

Eigenvalores	Pctje.	Pctje. acumul.
3.4645	86.611	86.611
0.44985	11.246	97.858
0.06574	1.6437	99.501
0.019946	0.49867	100.00

Eigenvectores

Vble.	Ev-1	Ev-2	Ev-3	Ev-4
1	-0.5306	0.1522	-0.0944	0.8285
2	-0.5238	0.1688	-0.7053	-0.4469
3	-0.5065	0.4181	0.6811	-0.3235
4	-0.4331	-0.8795	0.1721	-0.0962

5.4 Discusión.

Todos los resultados presentados apoyan la hipótesis de que los LINERs pueden insertarse naturalmente en una secuencia detrás de las galaxias Seyfert 1 y Seyfert 2, en la que la contribución de un brote estelar circumnuclear crece conforme la contribución del núcleo activo central decrece. La existencia de un proceso dominante es clara en los resultados del análisis de componentes principales, proceso que sería responsable de entre un 75% y un 85% de la varianza de las luminosidades en diversas bandas de frecuencia. La alta correlación entre la luminosidad en la banda B y el cercano IR apoya la existencia de un brote estelar circumnuclear, mientras que las buenas correlaciones entre el CIR, el MIR y el FIR podrían hablar de una población postbrote, siguiendo los argumentos de Dultzin-Hacyan y Benítez (1994).

Por otro lado, hay evidencia de que es en el régimen ultravioleta donde parece reflejarse una mayor mezcla de fenómenos, especialmente porque las luminosidades en este régimen parecen romper con ciertas tendencias. Las correlaciones entre el radio y los rayos X suaves son altas, y bajan al pasar al lejano y cercano UV. También tienden a ser bajas las correlaciones entre las bandas del UV y la banda B. Todo ello hablaría probablemente de que sea el continuo del CUV el menos contaminado por estrellas y esto podría atribuirse a que el pico de la planckiana que representaría a la emisión térmica de un disco de acreción (el pico de la *goroba azul*) estuviera justamente en este régimen de frecuencias. Este pico en el CUV correspondería a una temperatura de emisión del disco del orden de los 12,000 K, significativamente menor a la de los discos de acreción asociados a cuasares y Seyferts (aprox. 20,000 K). El cercano UV tendría en realidad una tendencia natural a ser la banda menos contaminada por estrellas, por el hecho de que las estrellas A tienen temperaturas típicas del orden de

los 8,500 a 10,000 K, y luego hay un hueco entre estas estrellas y las que les siguen en temperatura, que son las tipo B5 y las cuales emiten alrededor de los 14,500 K. Por otro lado, la emisión térmica de supergigantes azules de tipos O y B tiene su pico más bien hacia el lejano UV. Una estrella de tipo B2 con una temperatura aproximada de 22,000 K, por ejemplo, tiene su emisión máxima hacia los 1,300 Å, y una O7 con una temperatura del orden de 37,000 K. alrededor de los 800 Å.

De existir la *jobra azul*, y en consecuencia un posible continuo ionizante en buena parte de los LINERs (que sería responsable de las intensidades, anchos y cocientes de líneas que los distinguen de las galaxias de brotes), su contribución sería perceptible en los regímenes de altas energías (y evidencia de ello puede ser el endurecimiento del espectro encontrado en estas regiones) y apenas detectable en los análisis de componentes principales. La contribución de la galaxia subyacente, que podría representar alrededor de un 20% de la energía total en ciertas luminosidades, sería importante en las bandas del óptico.

Dadas estas consideraciones, los LINERs serían en definitiva objetos mixtos en los que se hallan involucrados varios procesos en diferente medida, habiendo evidencia en muchos casos de que se trata de NAGs genuinos, y que por lo tanto su inclusión en dicha familia parece plenamente justificada; pese a que observaciones más sensibles espacialmente y en los regímenes de mayores energías son necesarias para establecer una clasificación observacional confiable y esclarecer el panorama.

5.5 Conclusiones.

- Se recopiló un catálogo de 219 LINERs que constituye la recopilación más grande de esta especie realizada hasta la fecha. Este catálogo consta de datos generales sobre la galaxia huésped del LINER, y de información fotométrica que abarca flujos en 20 rangos de frecuencias, desde los rayos X suaves hasta el radio.
- Se encontró que poco más del 80% de los LINERs están albergados en galaxias espirales, y más del 64% en espirales de tipo temprano.
- Los LINERs se hallan preferentemente en galaxias más cercanas y menos azules que los núcleos Seyfert 1 y 2.
- Los LINER son sistemáticamente menos luminosos que las Seyfert 1 y 2 en todos los rangos de frecuencias, siendo la menor diferencia observada en el lejano infrarrojo, como también pasaba entre núcleos Seyfert 1 y 2.
- Los resultados presentados apoyan la hipótesis de que los LINERs pueden insertarse naturalmente en una secuencia detrás de las galaxias Seyfert 1 y Seyfert 2, en la que la contribución de un brote estelar circumnuclear crece conforme la contribución del núcleo activo central decrece. La existencia de un proceso dominante es clara en los resultados del análisis de componentes principales, proceso que sería responsable de entre un 75% y un 85% de la varianza de las luminosidades.

- La forma del espectro de los LINERs en el UV, comparada con la forma de éste mismo espectro en las galaxias con brotes de formación estelar, hablaría de la importante contribución de un brote estelar en los primeros, pero también de la existencia de un proceso adicional.
- El espectro duro encontrado para LINERs a altas energías, en comparación al espectro mucho más blando de las galaxias dominadas por formación estelar en este mismo rango de energías, podría interpretarse como la huella de un NAG, que sería responsable del exceso de emisión en rayos X suaves de los primeros; exceso que es revelado tanto por la distribución espectral de energía como por dos cocientes de luminosidades estudiados.
- La contribución de la galaxia subyacente podría representar alrededor de un 20% de la varianza en la energía total para ciertas luminosidades.
- De existir la *joboba azul*, su pico podría hallarse en el cercano UV y corresponder a radiación térmica de un disco de acreción de alrededor de 12,000 K., temperatura menor a la de los discos asociados a cuasares y galaxias Seyfert.
- El hecho de que los LINERs representen la cola de más baja luminosidad en la familia de los NAGs, propicia no sólo realzar la contribución de los brotes circumnucleares, sino también la contribución de la galaxia subyacente. Esto puede explicar por qué los PCAs tienden a mostrar una dimensionalidad mayor (que para Seyferts 2) en el espacio de varianzas.

APENDICE 1.

El método del Análisis de Componentes Principales (PCA)

Considérese un conjunto de puntos asociados con los N objetos de estudio en el espacio original n -dimensional (cuyas coordenadas x_1, x_2, \dots, x_n son los parámetros medidos). Se toma por sentado que el origen de coordenadas es el centro de inercia del conjunto de puntos, donde cada punto tiene el mismo peso estadístico $1/N$. Se pretende encontrar un nuevo conjunto de ejes (esto es, de nuevas variables) llamados *factores*, que permitan una representación simple del problema estadístico. Tal sistema coordenado $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ debe satisfacer las condiciones siguientes:

- a) Los elementos ε_j están relacionados con los x_i mediante una transformación lineal:

$$x_k = F(k,1) \varepsilon_1 + F(k,2) \varepsilon_2 + \dots + F(k,n) \varepsilon_n$$
- b) La transformación es ortogonal, lo que es equivalente a una rotación de los ejes x_i .
- c) Los elementos ε_j son estadísticamente independientes, esto es, no están correlacionados entre sí.

El nuevo sistema de ejes ε_j es, entonces, el conjunto de eigenvectores de la matriz de correlación C del problema, donde los elementos de C son los coeficientes de correlación que hay entre cada par de variables:

$$C(x_k, x_l) = \lambda_1 F(k,1)F(l,1) + \dots + \lambda_n F(k,n)F(l,n)$$

donde los coeficientes de correlación $C(x_k, x_l)$ se han escrito en términos de los elementos de la matriz de transformación F y de los eigenvalores λ_n .

Usando factores normalizados $\varepsilon_i' = \varepsilon_i / (\lambda_i)$ la primera ecuación queda:

$$x_k = F'(k,1) \varepsilon_1' + \dots + F'(k,n) \varepsilon_n'$$

donde $F'(k,i) = F(k,i) / (\lambda_i)$.

Los coeficientes de correlación quedan entonces como:

$$C(x_k, x_l) = F'(k,1) F'(l,1) + F'(k,2) F'(l,2) + \dots + F'(k,n) F'(l,n)$$

Representando cada variable x_j por el vector unitario V_j ,

$$V_j = \{ F'(j,1), \dots, F'(j,n) \}$$

el coeficiente de correlación $C(x_k, x_l)$ es simplemente el producto escalar $V_k \cdot V_l$. Si los últimos $n-s$ factores no son significativos ($\lambda_n < \dots < \lambda_{n-s+1} \ll 1$), los coeficientes de correlación están bien representados por $C(x_k, x_l) = F'(k,1) F'(l,1) + \dots + F'(k,s) F'(l,s)$ que es el producto escalar de V_k y V_l restringido a las primeras s componentes. En este caso, las proyecciones de los vectores V_k sobre el espacio s -dimensional, tienen magnitudes cercanas a la unidad y la componente $F'(k,i)$ de V_k es el factor de correlación entre x_k y ε_i . La dimensión s del subespacio generado ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_s$; $s < n$) es necesaria y suficiente en la descripción del sistema.

Sx	B	H	K	60	6 cm
40.0364157	43.4701016	41.7943636	41.7742865	43.8724166	38.2960531
40.305466	43.2868829	43.2486465	43.0593922	43.7866119	38.1714476
39.6758033	43.4292192	42.4615108	42.2435312	42.1837679	37.1788736
40.2564908	43.3308803	42.5303046	42.504933	43.8322334	38.7023873
41.2832191	43.3243648	43.277747	43.0441649	41.8467319	38.0680851
40.5409526	44.0519239	42.8851426	42.7086361	43.7339009	38.556153
40.5748084	43.5407673	42.7040161	42.502671	42.7591767	37.9967867
42.4828813	44.0886321	43.7346006	43.6080681	41.756048	40.9906087
40.7961856	44.2382469	43.0367945	42.8237815	43.755398	38.5677506
43.3120088	43.7111827	43.9202486	43.6936929	42.9389308	37.7693217
40.2630546	43.8430957	42.8688264	42.6676603	43.06251	37.675235
39.6759175	43.2328691	42.1092323	41.8960256	42.8111125	37.0194998
39.4045265	43.2259551	42.0105589	41.8112501	42.7427253	36.9546075
40.3246698	43.670385	42.1855257	41.9340545	43.0051675	38.049594
42.5490674	44.0200296	44.1364117	43.8837918	45.130924	40.028134
40.8822127	44.2103988	44.3635052	44.1609828	43.9436597	38.9168542
40.5409959	43.7036782	42.9723808	42.730622	42.9145035	37.8104986

17 puntos, 6 columnas.

Correlation Matrix Follows.

1.00						
0.499	1.00					
0.791	0.620	1.00				
0.794	0.620	0.996	1.00			
6.435E-02	0.315	0.209	0.228	1.00		
0.630	0.631	0.601	0.639	0.248	1.00	

Eigenvalues follow.

<u>Eigenvalues</u>	<u>As Percentages</u>	<u>Cumul. Percentages</u>
3.8290	63.816	63.816
1.0097	16.828	80.644
0.54577	9.0962	89.740
0.39489	6.5815	96.322
0.21837	3.6394	99.961
2.32479E-03	3.87465E-02	100.000

Eigenvectors follow.

<u>Vble</u>	<u>Ev-1</u>	<u>Ev-2</u>	<u>Ev-3</u>	<u>Ev-4</u>	<u>Ev-5</u>	<u>Ev-6</u>
1	-0.4336	0.3095	0.1603	0.3251	0.7647	0.0093
2	-0.3963	-0.2269	-0.5528	-0.6471	0.2579	0.0251
3	-0.4770	0.1469	0.3526	-0.2097	-0.3062	-0.6991
4	-0.4824	0.1285	0.3257	-0.1374	-0.3440	0.7124
5	-0.1641	-0.8998	0.3428	0.1729	0.1260	-0.0113
6	-0.4096	-0.0701	-0.5663	0.6187	-0.3475	-0.0542

SX	J	L	FIR
40.0364157	43.1442777	41.7559672	44.2281455
40.4747253	43.0083631	42.4731063	42.7640243
40.305466	43.2118605	42.8529945	44.1852847
40.6500052	42.31747	41.5388666	42.2313709
39.6758033	42.4765028	41.845878	42.9752112
40.2564908	42.3158767	42.2157018	44.2880793
37.5418082	40.8229612	40.1707346	41.1203307
40.5409526	42.9371933	42.15082	44.2701756
40.5748084	42.6625091	42.0658557	43.3210181
40.9800884	42.9159898	42.2627992	43.4773906
40.7961856	43.0666339	42.4089272	44.4022177
40.2630546	42.9179367	42.1785599	43.6367182
39.6759175	42.1155907	41.4578839	43.2499467
39.4045265	41.9846865	41.3221498	43.2177557
40.3246698	42.1757308	41.5290747	43.6693734
42.5490674	43.948677	43.6419156	45.4802766
40.5409959	42.9817328	41.9129081	43.5325493

17 objetos, 4 columnas (6 asteriscados).
 Nueva version de pca 8 pero sin HI.

Correlation Matrix Follows.

1.00			
0.875	1.00		
0.883	0.922	1.00	
0.755	0.802	0.807	1.00

Eigenvalues follow.

Eigenvalues	As Percentages	Cumul. Percentages
3.5248	88.119	88.119
0.26757	6.6893	94.809
0.13055	3.2637	98.072
7.71088E-02	1.9277	100.00

Eigenvectors follow.

Vble	Ev-1	Ev-2	Ev-3	Ev-4
1	-0.4989	0.4254	0.7524	0.0633
2	-0.5114	0.1965	-0.5063	0.6659
3	-0.5132	0.1900	-0.3852	-0.7431
4	-0.4755	-0.8627	0.1709	0.0193

J	H	L	25	FIR	6 cm
43.1442777	41.7943636	41.7559672	43.4362951	44.2281455	38.2960531
43.0083631	42.9926267	42.4731063	42.4650376	42.7640243	39.5402268
43.2118605	43.2486465	42.8529945	43.4311827	44.1852847	38.1714476
42.4765028	42.4615108	41.845878	41.4212162	42.9752112	37.1788736
42.3158767	42.5303046	42.2157018	42.9204929	44.2880793	38.7023873
42.9371933	42.8851426	42.15082	42.8869028	44.2701756	38.556153
43.7485973	43.7583923	43.1794823	43.9042595	44.7354633	41.8962609
42.6625091	42.7040161	42.0658557	41.805382	43.3210181	37.9967867
43.0666339	43.0367945	42.4089272	43.1051027	44.4022177	38.5677506
42.9179367	42.8688264	42.1785599	42.586513	43.6367182	37.675235
43.0214171	43.0109965	42.4203993	42.4497042	43.8000653	38.2467286
42.1155907	42.1092323	41.4578839	41.9895366	43.2499467	37.0194998
41.9846865	42.0105589	41.3221498	41.9911223	43.2177557	36.9546075
42.3102181	42.2166981	41.566911	42.2332622	43.659843	37.6445077
42.1757308	42.1855257	41.5290747	42.2879036	43.6693734	38.049594
43.9792988	43.8702781	43.8577174	44.8716123	45.7806417	39.9964083
43.9486777	44.1364117	43.6419156	44.6891372	45.4802766	40.028134
42.5676887	42.523126	42.0738246	43.2767343	44.0209246	38.4580312
42.9817328	42.9723808	41.9129081	42.4089673	43.5325493	37.8104986

19 objetos, 6 columnas.

Correlation Matrix Follows.

1.00						
0.866	1.00					
0.911	0.941	1.00				
0.833	0.709	0.844	1.00			
0.751	0.670	0.787	0.935	1.00		
0.781	0.754	0.801	0.755	0.660	1.00	

Eigenvalues follow.

Eigenvalues	As Percentages	Cumul. Percentages
5.0070	83.450	83.450
0.49287	8.2145	91.664
0.28859	4.8098	96.474
0.13134	2.1890	98.663
5.17260E-02	0.86210	99.525
2.84770E-02	0.47462	100.00

Eigenvectors follow.

Vble	Ev-1	Ev-2	Ev-3	Ev-4	Ev-5	Ev-6
1	-0.4202	-0.1732	-0.1702	0.8179	0.3017	-0.0672
2	-0.4037	-0.4809	-0.3644	-0.4113	0.1864	0.5187
3	-0.4318	-0.2039	-0.2367	-0.1810	-0.5069	-0.6528
4	-0.4140	0.4797	0.0693	0.1537	-0.5680	0.4973
5	-0.3913	0.6390	-0.1166	-0.3043	0.5304	-0.2260
6	-0.3866	-0.2423	0.8739	-0.1140	0.1151	-0.0433

12	25	FIR	6 cm	11 cm
43.0575327	43.4362951	44.2281455	38.2960531	38.2569261
42.4007797	42.4650376	42.7640243	39.5402268	38.8899205
43.1889316	43.4311827	44.1852847	38.1714476	38.1195298
43.3329364	43.3757706	44.2012663	38.50061	38.8028791
42.0436113	41.7874618	42.317512	38.0680851	37.9785487
42.2027818	41.805382	43.3210181	37.9967867	37.8705096
42.732898	42.4497042	43.8000653	38.2467286	38.2646402
42.4453692	42.2879036	43.6693734	38.049594	38.0226198
44.2034927	44.8716123	45.7806417	39.9964083	39.8654792
44.2207294	44.6891372	45.4802766	40.028134	39.9847959
42.7009201	42.3812979	43.4520014	39.2444333	39.010068
43.0425308	43.2767343	44.0209246	38.4580312	38.4214171
42.6312022	42.4089673	43.5325493	37.8104986	37.9356928
42.6119161	42.3972205	43.7668831	37.7269746	37.5120747
43.0947283	43.1142375	44.1125601	38.2254965	38.179739

15 objetos, 5 columnas (8 asteriscados, med. conf.)
 Nueva version del pca 13-1 pero sin HI.

Correlation Matrix Follows.

1.00				
0.983	1.00			
0.956	0.930	1.00		
0.656	0.666	0.523	1.00	
0.777	0.766	0.650	0.964	1.00

Eigenvalues follow.

Eigenvalues	As Percentages	Cumul. Percentages
4.1598	83.195	83.195
0.75076	15.015	98.211
5.57168E-02	1.1143	99.325
2.73280E-02	0.54656	99.871
6.42738E-03	0.12855	100.00

Eigenvectors follow.

Vble	Ev-1	Ev-2	Ev-3	Ev-4	Ev-5
1	-0.4727	-0.2861	0.1705	0.3786	-0.7227
2	-0.4699	-0.2669	0.6714	-0.2635	0.4334
3	-0.4400	-0.4694	-0.7054	-0.2329	0.1852
4	-0.4057	0.6379	-0.0607	-0.5768	-0.3036
5	-0.4445	0.4687	-0.1374	0.6328	0.4043

SX	CUV	B	J
39.6758033	40.9830131	43.4292192	42.4765028
39.6687774	41.9472321	42.5007029	42.2175951
41.2832191	41.7729053	43.3243648	43.2823046
40.2630546	42.0201975	43.8430957	42.9179367
39.6759175	40.9768676	43.2328691	42.1155907
39.4045265	40.6747668	43.2259551	41.9846865
39.3306361	41.1738581	43.2469907	43.4353233
42.5490674	43.228905	44.0200296	43.948677
40.5409959	41.3858563	43.7036782	42.9817328

9 objetos, 4 columnas.
(2 objetos asteriscados)

Correlation Matrix Follows.

1.00				
0.843	1.00			
0.621	0.406	1.00		
0.743	0.692	0.615	1.00	

Eigenvalues follow.

<u>Eigenvalues</u>	<u>As Percentages</u>	<u>Cumul. Percentages</u>
2.9767	74.418	74.418
0.62046	15.512	89.929
0.28682	7.1706	97.100
0.11601	2.9002	100.00

Eigenvectors follow.

<u>Vble</u>	<u>Ev-1</u>	<u>Ev-2</u>	<u>Ev-3</u>	<u>Ev-4</u>
1	-0.5436	0.1752	0.3693	0.7331
2	-0.5012	0.5565	0.2311	-0.6210
3	-0.4338	-0.8110	0.2840	-0.2709
4	-0.5149	-0.0434	-0.8541	0.0589

REFERENCIAS:

- Barth, Ho, Filippenko y Sargent. ASP Conference Series, Vol. 103, 1996, pp. 153- 158.
- Barvainis, R. 1990, ApJ 353, 419.
- Benítez et al., ApJ 464, L 47 (1996).
- Binnete, L. A&A 143, 334-346 (1985).
- Burbidge et al., 1990 ApJS, 74, 675.
- Clavel et al., 1989, ApJ 337, 236.
- Condon, J.J. ASP Conference Series, Vol. 103, 1996, pp. 132- 139.
- Colgate, S.A. (1967) ApJ. 150, 163.
- Collin- Souffrin, S. (1992) en: Physics of active galactic nuclei, eds. Duschl, W.J., Wagner, S.J., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Courvoisier, Thierry J. L. ApJ 92, 579, 39-E4 (1994)
- Courvoisier, T.J. y Clavel, J. 1991, A&A 248, 389.
- Dyson, J.E., y Perry, J.J. en : Third European IUE Conference, eds. Rolfe, Heck y Batrick. ESA, Noordwijk.
- Dultzin-Hacyan, D. Cuasares: en los confines del universo. Colección La ciencia desde México, FCE, México, 1988.
- Dultzin- Hacyan, D., Moles M. y Masegosa J. A & A 206, 95 (1988).
- Dultzin- Hacyan D., Masegosa J. y Moles M. A & A 238, 28 (1990).
- Dultzin-Hacyan, D y Benítez, E. A & A 291, 720 (1994).
- Dultzin-Hacyan, D. RevMexAA (Serie de conferencias), 3, 31-37 (1995).
- Dultzin-Hacyan y Ruano, C. A&A 305, 719-726, 1996.
- Dultzin-Hacyan, D., en preparación (1997).
- Edelson, R. y Malkan, M. 1986, ApJ 308, 59.
- Fabbiano, G. & Trinchieri, G., (1985) ApJ 296, 430.
- Fabbiano, G., Gioia, Y., & Trinchieri, G. 1988, ApJ. 324, 279.
- Filippenko y Halpern. ApJ 285, 458-474 (1984).
- Filippenko, Alexei V. ApJ 289, 475-489, 1985 February.
- Filippenko y Sargent. en: Structure and evolution of AGN, G. Giuricin et al (eds.), D. Reidel Publishing Co., 1986.
- Filippenko y Sargent en: The galactic center., American Institute of Physics, N. York, 1987.
- Filippenko, A. (ed.), Relationships between AGN and SB gal., ASP Conference Series Vol. 31, 1992.
- Filippenko, A.V. ASP Conference Series, Vol. 103, 1996., pp. 17-43.
- Fosbury et al., (1978) MNRAS 183, 549.
- Fuentes, I. y Krongold, Y. Tesis de licenciatura, 1997.
- Giuricin, G. et al., X-ray emission from spiral galaxies with normal and low-activity nuclei, MNRAS 250, 392- 401 (1991).
- Goad, J.W. 1974 ApJ 192, 311.
- Goad, J.W. 1976 ApJS 32, 89.
- Heckman, T. Conference Summary. ASP Conference Series, Vol. 103, 1996, pp. 241- 246.
- Heckman, T.M. A&A, 87, 152 (1980).
- Heckman, Timothy M., Gal. Interactions and the stimulation of nuclear activity, IAU Colloquium 124, Alabama.
- Ho, Filippenko y Sargent. A reevaluation of the excitation mechanism of LINERs, ApJ 417, 63 (1993)-
- Ho y Filippenko. The photoionization mechanism of LINERs- Stellar and non-stellar, A& SS vol 205, no. 1, 19- 27.
- Ho, Filippenko y Sargent. New insights into the physical nature of LINERs from a multiwavelength analysis of the nucleus of M81, ApJ 462, 183 (1996 May 1).
- Ho, Luis C. Optical spectroscopy of Liners and low- luminosity Sy Nuclei. (preprint de libro de próxima aparición en SF:ASP).
- Ho, L.C., Filippenko, A.V., y Sargent, W.L.W 1997 ApJS, en prensa. Harvard- Smithsonian Center for Astrophysics, Preprint Series, no. 4515.
- Ho, L.C., Filippenko, A.V., Sargent, W.L.W. y Peng, C.Y 1997 ApJS, en prensa. Harvard- Smithsonian Center for Astrophysics, Preprint Series, no. 4516.

- Ho, L.C. , Filippenko, A.V., y Sargent, W.L.W. 1997 ApJ, en prensa. Harvard- Smithsonian Center for Astrophysics, Preprint Series, no. 4517.
- Huchra, J. Catalogue of Seyfert galaxies and other bright AGN. Versión preliminar proporcionada por A. Martel del Observatorio Lick (1995).
- Hunt, L.K. 1991, ApJ 370, 511.
- Keel, William C. en: Astrophysics of active galaxies and quasi-stellar objects. J. S. Miller (ed.), University Science Books, EU, 1985.
- Kennicutt, Robert C. en: Paired and interacting galaxies, eds. J.W. Sulentic, W.C. Keel y C.M. Telesco, NASA Conference Publication 3098, 1990.
- Kinney et al., 1993 ApJS 86, 5.
- Koratkar, et al. ApJ 440, 132-140, 1995 Febr.
- Lawrence, A. et al. ApJ 291, 117-127, 1985 April.
- Lawrence, A. 1987 PASP 99, 309.
- Lipovetsky, V. A., Neizvestny, S.I. y Neizvetsnaya, O.M. A catalogue of Seyfert galaxies, en Communications of the Special Astrophysical Observatory, No. 55. Academia de Ciencias de la URSS, 1987.
- Lonsdale, et al. ApJ 405, L9, 47-C1 (1993).
- Maiolino, R. et al. ApJ 446, 561, 163-G7 (1995)
- Maoz et al. ApJ 440, 91-99, 1995 Feb.
- Marziani et al. , ApJ Suppl. Series 104, 37 (1996).
- Mass-Hesse, J.M. et al. ApJ 92, 599, 39-G4 (1994)
- Mass-Hesse et al. A & A 298, 22 (1995).
- Mass-Hesse et al. A & A 309, 431 (1996).
- Miller y Goodrich. ApJ 355, 456 (1990)
- Mouri H., Kawara K. y Taniguchi Y. ApJ 484, 1997 (July).
- Osterbrock, Donald E. Astrophysics of gaseous nebulae and Active galactic nuclei, University Science Books, 1989, 408 pag.
- Osterbrock, Donald E. ApJ 404, 551-562, 1993 Feb.
- Osterbrock y Martel. ApJ 414, 552-562, 1993 Sept.
- Peterson. B.N. et al., 1994 ApJ submitted.
- Perry, Judith J. Activity in Galactic nuclei. en: Central activity in gal., eds.: Aa. Sandquist y T. Ray, Springer-Verlag, Heidelberg, 1992.
- Reichert et al. en: Relationsips between AGN and Sb gal., ASP Conference Series vol. 31, 1992 .
- Robson, E.I. et al., 1993, MNRAS 262, 249.
- Ruano, C. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM, 1992.
- Sanders, D.B., Phinney E. S., Neugebauer, G., Soifer, B. T., y Matthews, K. Ap J 347, 29-51, 1989.
- Sanders, D. B. y Mirabel, I.F. en vias de publicación en ARAA, vol.34, 1996.
- Schmidt, Nature 197, 1040, 1963.
- Seyfert, C. ApJ 97, 28, 1943.
- Sulentic et al., ApJ 445, L 85 (1995).
- Terlevich y Melnick, MNRAS 213, 841 (1985).
- Terlevich et al., MNRAS (1992).
- Vaceli , M.S. et al., PASP 105, 875 (1993 August).
- Veilleux, S. y Osterbrock,D.E. 1987, ApJS 63, 295.
- Veron, P. y Veron- Cetty,M.P. A Catalogue of quasars and active nuclei. ESO Scientific Report no. 13, 1993. (6a. ed.)
- Veron, P. y Veron- Cetty,M.P. A Catalogue of quasars and active nuclei. Versión digital accesada a través de Internet, 1995. (7a. ed.)
- Weedman, Daniel W. Quasar Astronomy, Cambridge University Press, Inglaterra, 1986, pp. 140 - 163.
- Whittle, M. 1992, ApJ 387, 109.
- Witta, P.J. 1985, Phys. Rep. 123, 117.
- Wolfjer, L. en: Active galactic nuclei, de. by T.J.L. Corvoisier and M. Mayor, Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- La mayor parte de las especificaciones técnicas de los satélites tratados en el capítulo 3 fué obtenida a través de las páginas de los respectivos institutos encargados de los proyectos, a través de Internet.

*Es cierto que si miras girar por un rato la rueda del cielo,
verás como cae un meteoro, se incendia y muere.
Esa no es una estrella que valga la pena seguir;
no es mas que una roca desgraciada.
Nuestros destinos están aquí en la Tierra.
No hay estrellas que nos guíen.*

- Salman Rushdie