

# Incidencia de la actividad nuclear en grupos compactos de galaxias



**M. Angeles Martínez Carballo**

Departamento de Física Teórica y del Cosmos  
Facultad de Ciencias  
Universidad de Granada

Instituto de Astrofísica de Andalucía  
IAA-CSIC



Granada, Junio de 2008

Directora: Ascensión del Olmo Orozco

Editor: Editorial de la Universidad de Granada  
Autor: María de los Ángeles Martínez Carballo  
D.L.: GR.1773-2008  
ISBN: 978-84-691-5475-5



# Indice

<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
1.1. Catálogos de Grupos Compactos . . . . .	1
1.2. Actividad Nuclear . . . . .	4
1.2.1. Relación Actividad-Morfología-Densidad . . . . .	6
1.3. Interacción en los GC . . . . .	8
1.4. Estudios previos sobre Actividad en CGs . . . . .	10
1.5. Esquema de la Tesis . . . . .	11
<b>2. SELECCION DE LAS MUESTRAS Y OBTENCION DE LOS DATOS</b>	<b>13</b>
2.1. Grupos compactos de Hickson . . . . .	13
2.1.1. Selección de la Muestra de HCGs . . . . .	16
2.1.2. Observaciones espectroscópicas . . . . .	24
2.2. Grupos Compactos del UZC . . . . .	49
2.2.1. Selección de la muestra completa de UZC-CG y datos de Archivo . . . . .	50
2.2.2. Características de la Muestra completa del UZC-CG . . . . .	57
<b>3. REDUCCION DE LOS DATOS OBSERVADOS</b>	<b>81</b>
3.1. Pasos Generales de la Reducción de Datos . . . . .	81
3.1.1. Eliminación de Efectos Instrumentales . . . . .	81
3.1.2. Calibraciones . . . . .	89
3.1.3. Alineación Espacial y Sustracción del fondo de cielo. . . . .	93
3.2. Aplicación sobre los datos Observados . . . . .	95
<b>4. METODOS DE ANALISIS</b>	<b>99</b>
4.1. Diagramas de Diagnóstico . . . . .	99
4.2. Clasificación Espectral de las Muestras . . . . .	104
4.3. Sustracción de la componente estelar . . . . .	107
4.3.1. Extracción con espectros de galaxias sin emisión . . . . .	108
4.3.2. Método de Componentes principales . . . . .	111
4.4. Detección y medida de las líneas de emisión . . . . .	112

4.4.1.	Medida de los flujos de las líneas en la muestra de HCGs . . . . .	116
4.4.2.	Medida de las líneas en la muestra de UZC-CG . . . . .	128
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LA MUESTRA DE HCGs</b>	<b>149</b>
5.1.	Análisis espectral de las Galaxias . . . . .	149
5.1.1.	Clasificación nuclear de las galaxias miembro . . . . .	150
5.1.2.	Comparación entre Observatorios . . . . .	162
5.1.3.	Comparación de la clasificación con la bibliografía . . . . .	164
5.2.	Propiedades de la galaxia anfitriona . . . . .	170
5.3.	Propiedades de los grupos . . . . .	186
5.3.1.	Diferencias entre Tripletas y Multipletes . . . . .	192
5.4.	Resumen y Conclusiones . . . . .	193
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LA MUESTRA DE UZC-CG</b>	<b>195</b>
6.1.	Análisis espectral . . . . .	196
6.1.1.	Clasificación nuclear . . . . .	196
6.1.2.	Efecto de la apertura . . . . .	201
6.1.3.	Comparación con la bibliografía . . . . .	205
6.2.	La galaxia anfitriona . . . . .	207
6.3.	El grupo de acogida y la actividad nuclear . . . . .	213
6.3.1.	Diferencias entre Tripletas y Multipletes . . . . .	219
6.4.	Resumen y Conclusiones . . . . .	219
<b>7.</b>	<b>AGNs CON COMPONENTE ANCHA EN GCs</b>	<b>235</b>
7.1.	Datos . . . . .	236
7.2.	Relación de los BLAGNs frente NLAGNs en GC . . . . .	238
7.3.	Posibles sesgos y límites de detección . . . . .	239
7.4.	La desaparición de la BLR en los CGs . . . . .	244
7.5.	Discusión . . . . .	245
<b>8.</b>	<b>DISCUSION Y CONCLUSIONES</b>	<b>247</b>
8.1.	HCGs . . . . .	247
8.2.	UZC-CGs . . . . .	248
8.3.	Diferencias entre las dos muestras de Grupos Compactos . . . . .	250

# Índice de figuras

2.1. Hickson 31 . . . . .	15
2.2. Hickson 40 . . . . .	16
2.3. Hickson 95 . . . . .	17
2.4. Completitud del Catálogo HCGs . . . . .	18
2.5. Morfología y $M_B$ en el catálogo UZC-CG . . . . .	57
3.1. <i>Bias</i> . . . . .	83
3.2. <i>Finalflat</i> . . . . .	85
3.3. HCG80bd . . . . .	87
3.4. HCG38a . . . . .	88
3.5. Arcos . . . . .	90
3.6. Curva de Extinción y Curva de sensibilidad . . . . .	92
3.7. HCG93a . . . . .	94
4.1. Diagramas Kewley et al. (2006) . . . . .	102
4.2. Diagramas de diagnóstico y nuestros criterios . . . . .	106
4.3. Sustracción con otras galaxias:HCG97b-H57f . . . . .	109
4.4. Sustracción usando PCA: UZC-CG24b . . . . .	113
4.5. Sustracción usando PCA: UZC-CG72a, . . . . .	114
4.6. Sustracción usando PCA: UZC-CG90c . . . . .	115
4.7. Galaxias en los tres archivos: UZC-CG93a y UZC-CG95c . . . . .	130
4.8. Relación de líneas en los tres Archivos . . . . .	132
5.1. Diagrama-NII . . . . .	151
5.2. Diagrama-SII . . . . .	154
5.3. Diagrama-OI . . . . .	157
5.4. Distribución acumulada:T,Vr, $M_B$ . . . . .	173
5.5. Distribución Acumulada: $M_B$ por tipos morfológicos . . . . .	174
5.6. $112\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$ . . . . .	179
5.7. $L_{FIR}$ . . . . .	180
5.8. Galaxias con barra . . . . .	182

5.9. Radiocontinuo . . . . .	183
5.10. Distribución acumulada: $\sigma_v$ , $V_r$ . . . . .	187
5.11. Distribución acumulada: $M_v$ y $L$ . . . . .	188
5.12. Distribución acumulada: $\sigma_v$ y $M_v$ por morfologías . . . . .	191
5.13. Función Acumulada: $R_p$ y $Def_{HI}$ . . . . .	193
6.1. Diagrama-NII y diagrama-SII . . . . .	198
6.2. Diagrama-OI . . . . .	199
6.3. Espectros nucleares típicos en SFN . . . . .	202
6.4. Espectros nucleares típicos de Objetos de Transición . . . . .	203
6.5. Espectros nucleares típicos de distintos tipos de AGNs . . . . .	204
6.6. Fracción de la actividad con la distancia . . . . .	205
6.7. Distribución acumulada: $T$ , $V_r$ y $M_B$ . . . . .	209
6.8. Distribución acumulada de $M_B$ por tipos morfológicos . . . . .	212
6.9. Distribución acumulada: $\sigma_v$ , $z$ y $R_p$ . . . . .	217
7.1. Ejemplos de BLAGNs . . . . .	237

# Índice de cuadros

2.1.	Grupos de la Muestra Completa de HCGs . . . . .	21
2.2.	Telescopios e instrumentación . . . . .	25
2.3.	Detectores . . . . .	26
2.4.	Galaxias observadas en CAHA . . . . .	31
2.5.	Galaxias observadas en el ORM . . . . .	34
2.6.	Galaxias observadas en SPM . . . . .	36
2.7.	Galaxias observadas en OSN . . . . .	38
2.8.	Galaxias de la muestra completa de HCGs . . . . .	41
2.9.	Grupos del UZC-CGs . . . . .	52
2.10.	Resumen de los datos encontrados para el catálogo de UZC-CG . . . . .	56
2.11.	Galaxias en la muestra completa de UZC-CGs . . . . .	59
4.1.	CAHA-emi-pre . . . . .	118
4.2.	CAHA-emi-pos . . . . .	119
4.3.	NOT-emi-pre . . . . .	121
4.4.	NOT-emi-pos . . . . .	122
4.5.	SPM-emi-pre . . . . .	123
4.6.	SPM-emi-pos . . . . .	124
4.7.	OSN-emi-pre . . . . .	126
4.8.	OSN-emi-pos . . . . .	127
4.9.	UZC-emis . . . . .	134
5.1.	HCG-cla . . . . .	157
5.2.	Galaxias en común con la bibliografía . . . . .	168
5.3.	Distribución de Morfología y Actividad . . . . .	171
5.4.	Propiedades de las galaxias . . . . .	172
5.5.	Galaxias detectadas en radiocontinuo . . . . .	183
5.6.	Propiedades de los grupos . . . . .	188
6.2.	Distribución de Morfología y Actividad . . . . .	207
6.3.	Propiedades de las galaxias en función de su tipo de actividad . . . . .	210

6.4.	Propiedades de los grupos . . . . .	214
6.5.	Propiedades de los grupos en la muestra restringida en velocidad . . . . .	216
6.1.	UZC-cla . . . . .	221
7.1.	Identificación de los BLAGNs . . . . .	236
7.2.	Clasificación nuclear para galaxias con líneas de emisión. . . . .	238
7.3.	Resoluciones espectrales . . . . .	239
7.4.	Distribución Morfológica . . . . .	241
7.5.	Actividad nuclear por tipos morfológicos . . . . .	242
7.6.	Luminosidades de las galaxias que albergan AGNs . . . . .	242
7.7.	Distribución de luminosidad en $H\alpha$ para los AGNs . . . . .	243

# Capítulo 1

## INTRODUCCION

Las propiedades físicas de las galaxias son una función de su entorno, de manera que las galaxias en los entornos más densos y masivos, como por ejemplo los cúmulos, tienen en general colores más rojos, poblaciones estelares más viejas, mayor concentración en su perfil de luz y son más luminosas. Por este motivo, para entender como se forman y evolucionan las galaxias, es necesario estudiar el entorno en el que se encuentran.

Las galaxias tienden a agruparse en estructuras que van desde pares hasta cúmulos ricos con miles de galaxias. Entre estas agrupaciones, los grupos con un número pequeño de galaxias, representan un punto intermedio fundamental en el análisis del papel que la interacción entre galaxias puede jugar en la evolución de éstas, a través de procesos como la redistribución de materia, formación estelar, las transformaciones morfológicas o incluso en la presencia de actividad nuclear. En este último contexto de la relación interacción-actividad nuclear, los torques resultantes de fuerzas de marea pueden ser mecanismos eficientes para transportar material hacia el centro de las galaxias, alimentando así un núcleo activo. Sin embargo, no está bien establecida la forma en que esta relación funciona, ni se ha estudiado de manera extensiva allí donde se espera que sus efectos sean más patentes, es decir en encuentros a baja velocidad en entornos densos, o lo que es lo mismo, en Grupos Compactos de Galaxias.

### 1.1. Catálogos de Grupos Compactos

Los grupos compactos de galaxias (CGs, del inglés Compact Groups) se presentan como los laboratorios ideales en los que estudiar los efectos de la interacción en las propiedades de las galaxias. Los CGs poseen altas densidades espaciales de galaxias, similares a las encontradas en los centros de los cúmulos pero con dispersiones de velocidad más moderadas, aumentando así la probabilidad de encuentros "suaves" que puedan desencadenar y alimentar la actividad nuclear.

El primero de estos grupos, reportado en la bibliografía, se remonta al quinteto de Stephan (1877), pasaron más de 70 años hasta que se observó el segundo, el sexteto de Seyfert (1948) pero tuvo que pasar aún más tiempo para que estas asociaciones despertaran el interés de los científicos. Posteriormente surgieron varios catálogos de grupos compactos. La mayoría se obtuvieron a partir de observaciones de gran campo (*survey*) en placa fotográfica realizadas con el telescopio de 48 pulgadas (1.20m) situado al norte de California, en el Observatorio del Monte Palomar. Este *survey*, denominado POSS-I (del inglés Palomar Observatory Sky Survey), se realizó entre 1950 y 1957 y se obtuvieron placas que cubrían el 67 % del cielo. Según el número de placas estudiadas y los criterios de selección utilizados encontramos distintos catálogos de agrupaciones. Los primeros en surgir fueron los Grupos de Shakhbazyan (1957,1973). Aunque al principio no recibieron mucha atención, cuando varios estudios empezaron a afirmar que la interacción y las fusiones jugaban un papel muy importante en la evolución de muchas, sino de todas, las galaxias (Press & Schechter 1974; Ostriker & Tremaine 1975), estos grupos ganaron popularidad al ser los entornos más indicados para estudiar la evolución dinámica de las galaxias.

El catálogo de Shakhbazyan comprende 377 grupos que presentan un alto contraste de densidad sobre el fondo de galaxias, tamaños pequeños y galaxias aparentemente muy rojas y compactas. Los criterios utilizados por Shakhbazyan para definir esta muestra de grupos compactos fueron: 1) Grupos aislados con al menos 5 galaxias miembros, 2) más de la mitad de los objetos del grupo deberían aparecer con aspecto compacto en la carta roja del Palomar y difusos en la carta azul y 3) las galaxias compactas tenían que ser muy rojas. Su parámetro de compacidad del grupo se define como la relación entre la suma de los diámetros de las galaxias miembro y el diámetro del grupo. Del análisis fotométrico y espectroscópico de algunos de los grupos, así como del estudio estadístico de parámetros físicos de los 377 grupos y su comparación con simulaciones de N-cuerpos, se encontró que correspondían a sistemas físicos reales de muy altas densidades y con dispersiones de velocidades bajas. Además, una parte de los grupos con mayor número de galaxias aparecían como centros de agrupaciones más grandes como, por ejemplo, cúmulos lejanos. También se vio que contenían en su mayoría galaxias luminosas de tipos tempranos (E-S0) y no galaxias compactas rojas que era como se habían clasificado en un principio. El 68 % de las galaxias de este catálogo son elípticas, el 30 % son galaxias tempranas con alguna evidencia de presencia de discos débiles (S0-Sa) y solamente un 2 % son espirales más tardías. Después de estos análisis, se concluyó que estos grupos no están tan aislados como se pensaba y su distribución morfológica está sesgada hacia tipos tempranos.

Motivado por el deseo de una muestra homogénea que pudiera someterse a análisis estadísticos, Rose (1977), realizó el primer catálogo de grupos compactos obtenidos con criterios de selección específicos y cuantitativos. Rose buscó grupos de al menos tres galaxias más brillantes que 17.5 magnitudes y con una densidad superficial proyectada 1000 veces

mayor que su entorno. Buscando en un área de 7.5 % del cielo, encontró 170 tripletes, 33 cuartetos y 2 quintetos. Sulentic (1983) reexaminó los 35 grupos de Rose con más de tres galaxias y encontró que sólo una tercio satisfacían realmente los criterios de selección.

Este es uno de los problemas de las búsquedas visuales. Además, establecer un límite en magnitud introduce un sesgo en la muestra. Para evita esto, Hickson (1982) adoptó un criterio de magnitud relativa, es decir, que la diferencia entre la galaxia más débil y la más brillante del grupo fuera como máximo de tres magnitudes, además de un criterio de compacidad, independiente de la distancia, basado en el brillo superficial medio del grupo, y un criterio de aislamiento para evitar seleccionar las partes centrales de cúmulos. Aplicando estos criterios a todas las placas del POSS-I, Hickson encontró 100 Grupos Compactos que componen su catálogo y que llamaremos a partir de ahora el HCG (del inglés Hickson Compact Groups). En aquella época, Hickson no disponía de espectros de las galaxias para calcular el desplazamiento espectral hacia el rojo (que en adelante denominaremos *redshift* o  $z$ ) y por lo tanto la velocidad radial de esas galaxias. Cuando se hizo fotometría para calcular las magnitudes (Hickson et al. 1989) y espectroscopía de baja resolución para obtener el *redshift* (Hickson et al. 1992), se vio que 92 de los 100 grupos tenían al menos tres galaxias con  $z$  concordante y sólo 8 eran puras proyecciones. Sobre el catálogo de HCGs se han hecho múltiples estudios de sus propiedades como emisión en rayos X, emisión en el infrarrojo lejano, presencia de radio fuentes, etc., por eso es uno de los catálogos de grupos compactos elegido para hacer el estudio de actividad nuclear.

Más recientemente los *surveys* digitales han permitido encontrar grupos compactos de forma automática. Por ejemplo, Prandoni et al. (1994) aplicando en el POSS-II, ya digitalizado, criterios similares a los de Hickson encontraron una muestra de 59 grupos compactos del Sur (SCG) que luego fue ampliada por Iovino (2002). Otro catálogo de grupos compactos, el RSCGs (del inglés Redshift Survey Compact Groups), fue creado por Barton et al. (1996) a partir de los *surveys* CfA2 (del inglés Center for Astrophysics ) y del SSRS (del inglés “Southern Sky Redshift Survey”). A posteriori, se encontró que la mayoría de los 47 RSCGs estaban en entornos densos (Barton et al. 1998) por lo que no se trataba de una muestra de grupos compactos aislados. Intrigados por este trabajo, Allam et al. (1999) creó otro catálogo de grupos compactos aplicando un algoritmo similar al de “Friends-of-Friends” (Huchra et al. 1982) al *survey* de Las Campanas (LCRS del inglés Las Campanas Redshift Survey) obteniendo 76 Grupos Compactos con tres o más miembros. El problema de esta muestra es que sólo uno de los grupos tienen *redshift* medido para todas sus galaxias, 22 grupos tienen información de  $z$  para dos o más galaxias pero no para todas, y el resto de los grupos tienen  $z$  sólo para una galaxia. Para las galaxias que no tienen el *redshift* medido se le asigna uno calculado a partir de un modelo. Sin tener información radial de las galaxias podemos estar viendo simples proyecciones, o pares de galaxias con alguna otra compañera en el fondo. Hasta la fecha no hay ningún estudio espectroscópico que confirme

la pertenencia de todas las galaxias miembro y por lo tanto que se traten de auténticos Grupos Compactos.

Por lo tanto, para la definición de un grupo compacto es necesario tener información del *redshift* de todas las galaxias sobre las que se hace el estudio para minimizar el número de proyecciones. El catálogo actualizado de Zwicky (Falco et al. 1999, UZC, del inglés Updated Zwicky Catalogue) contienen información 3D de más de 20000 galaxias, es decir, su posición en el cielo y su velocidad radial. Para definir su catálogo de Grupos Compactos, Focardi & Kelm (2002) aplicaron un algoritmo similar al de “Friends-of-Friends” sobre el UZC, para buscar asociaciones de tres o más galaxias que estuvieran relativamente aisladas. El resultado fue un nuevo catálogo con 291 grupos y un total de 986 galaxias. Este catálogo ha sido elegido, junto con el de HCGs, para realizar el estudio de actividad nuclear que presentamos en este trabajo de tesis.

En los últimos años, con la aparición del gran *survey* de Sloan (York et al. 2000, SDSS del inglés Sloan Digital Sky Survey) se ha abierto un amplio abanico de posibilidades sobre el que ya han aparecido varios catálogos de grupos compactos (Lee et al. 2004; Deng et al. 2007) cuyas propiedades todavía no han sido estudiadas.

## 1.2. Actividad Nuclear

La interacción gravitacional puede ser el mecanismo que encienda la actividad nuclear en las galaxias, pero ¿qué queremos decir con actividad nuclear?, ¿qué es un núcleo activo y que tipos hay?. Se dice que una galaxia tiene un núcleo activo cuando la energía total emitida por el núcleo en el visible es comparable a la energía emitida por todas las estrellas de una galaxia. Esta luminosidad del núcleo puede deberse a varios factores, o bien una formación estelar intensa (núcleo-HII o SFN del inglés “Star Forming Nucleus”) o algún otro proceso no térmico al que denominamos simplemente AGN (del inglés “Active Galactic Nucleus”). Cuando hablemos de AGN nos estaremos refiriendo a la existencia de un fenómeno energético en el núcleo que no puede ser atribuido clara y directamente a estrellas.

Los primeros AGNs descubiertos vienen asociados a un grupo compacto, H79. Karl Seyfert, estudiando el grupo que lleva su nombre, observó que los espectros ópticos de las galaxias de ese grupo eran muy característicos, con fuertes líneas en emisión de alta ionización. Ese tipo de espectros se observaron posteriormente en el núcleo de otras galaxias y se les empezó a llamar galaxias Seyfert. Khachikyan & Weedman (1971) fueron los primeros en detectar dos tipos de Seyferts que se distinguían por la presencia o no de líneas anchas permitidas.

Los Seyfert de tipo 1 (Sy1) tienen dos clases de emisiones superpuestas una encima de otra. Una es característica del gas ionizado de baja densidad que contribuye a la aparición de líneas de emisión con anchuras de varios cientos de km/s y son las “líneas estrechas”,

el otro tipo son líneas anchas (con más de 1000km/s de ancho) que sólo se ven en las líneas permitidas lo que indica que la zona donde se originan tiene una alta densidad. Los Seyfert de tipo 2 (Sy2) sólo tienen líneas estrechas. Osterbrock (1981) introdujo algunos tipos intermedios de Seyferts que atienden a diferente anchura en las líneas permitidas del hidrógeno de la serie de Balmer. De esta manera las galaxias donde domine la componente ancha de las líneas serían Sy 1.2, si la componente ancha y estrecha son comparables, entonces es Sy1.5. En caso de que domine ya la componente estrecha será un Sy1.8 y cuando la componente ancha ya no se detecte en  $H\beta$  sino sólo en  $H\alpha$  será una Sy1.9. Todos los AGNs que muestren algún tipo de componente ancha (domine o no a la estrecha) se denominan BLAGNs (del inglés Broad Line AGNs) y esto incluye desde los Sy1 a los Sy1.9 pasando por todos los tipos intermedios.

En 1980 Heckman encontró otro tipo de objetos que llamó LINERs (del inglés Low-Ionization Nuclear Emission-line Region). Los LINERs fueron definidos como los núcleos de galaxias cuyo espectro óptico está dominado por líneas de emisión provenientes de estados de baja ionización con luminosidad muy modesta en las líneas (típicamente la observada en las regiones HII), anchura de líneas como la de las galaxias Seyfert, y una buena parte de ellos, presentando una fuente compacta de radio-continuo. Aunque la definición inicial de Heckman se basaba en la relación entre  $[OII]/[OIII]$  y  $[OI]/[OIII]$ , actualmente se usa la relación de  $[OIII]/H\beta$  solamente (Ho et al. 1997a; Coziol et al. 1998) o combinada con  $[NII]/H\alpha$  (Veron et al. 1997; Kauffmann et al. 2003) o con  $[SII]/H\alpha$  (Kewley et al. 2006). Además, si bien al principio de su descubrimiento no estaba claro el mecanismo de excitación de los LINERs, después de múltiples análisis en el óptico (Ho et al. 1996, Ho 2000), en ultravioleta (Maoz et al. 1996, Maoz et al. 2005), en radio (Filho et al. 2000, 2006; Nagar et al. 2000, 2005) y en rayos X (Satyapal et al. 2004, 2005; Flohic et al. 2006; González-Martín et al. 2006) se puede confirmar que la mayoría de LINERs, sino todos, albergan un AGN. Los LINERs, junto con los Sy2, entran dentro de lo que denominamos NLAGNs (del inglés Narrow Line AGNs).

Para distinguir entre Seyferts, LINERs o SFNs, Baldwin et al. (1981) definieron los diagramas de diagnóstico basados en cocientes de líneas en emisión en el óptico que presentan los espectros de este tipo de objetos.

Para explicar los diferentes tipos de AGNs encontrados, Antonucci (1993) describió lo que se conoce como “El modelo unificado de AGNs” que consiste en un modelo con un agujero negro rodeado de un disco de acreción y este a su vez de un toro de polvo. En la zona interna del toro de polvo estaría la región de líneas anchas o BLR (del inglés “Broad Line Region”) que está compuesta por nubes de gas de alta densidad muy cerca del núcleo (a 1 pc para los AGNs más luminosos). Estas nubes de gas tienen velocidades típicas del orden de 3000km/s que se ve reflejado en las anchuras observadas de las líneas de emisión. El toro de polvo estaría rodeado de una zona denominada la región de líneas estrechas o

NLR (del inglés “Narrow Line Regions”) que también esta constituida por nubes de gas pero de baja densidad y situadas un poco más alejadas del núcleo (3 kpc para los AGNs más luminosos). En este caso la velocidad típica es de 500km/s. Los fotones provenientes de la NLR darían líneas de emisión estrechas mientras que los que vienen de la BLR darían líneas anchas debido a la rápida rotación de las nubes de material en esa zona. Dependiendo de la orientación del toro de polvo con la línea de visión, podemos estar viendo la BLR y por lo tanto una componente ancha en la línea de emisión, o podemos estar viendo el toro de polvo por lo que sólo veríamos líneas estrechas. Si no estamos viendo el agujero negro directamente sino desde un ángulo inclinado, tendríamos espectros con una contribución ancha y otra estrecha en las líneas de emisión de Balmer (Sy 1.2 a Sy 1.9).

Si asumimos este modelo, el siguiente problema es entender el mecanismo responsable de que el gas pierda gran parte de su momento angular y se desplace hacia el centro de la galaxia para alimentar así un agujero negro. El momento angular por unidad de masa en la última órbita estable alrededor del agujero negro es varios órdenes de magnitud menor que el momento angular de la materia que rota en una galaxia elíptica o espiral a un radio de 10 kpc. El modo más claro de que la materia pierda momento angular es a través de interacciones gravitacionales con otros sistemas como ya sugirieron Toomre & Toomre (1972) y Gunn (1979). Desde el punto de vista teórico, hay multiples simulaciones de N cuerpos (Barnes & Hernquist 1992; Hernquist & Mihos 1995, Taniguchi & Wada 1996) que muestran como las interacciones pueden ser responsables de llevar gas desde el disco a las regiones nucleares. Durante este proceso, se producen choques y compresiones del gas que pueden provocar un aumento de la formación estelar antes de caer en el agujero negro. Desde el punto de vista observacional, aunque hay autores que afirman que en sistemas interactuantes hay una mayor proporción de AGNs (Dahari 1984, Keel 1985, Rafanelli et al. 1995, Dultzin-Hacyan et al. 1999, Koulouridis et al. 1006, Tang et al. 2008) otros no encuentran relación entre el entorno local y la aparición de AGNs (Schmitt 2001, Kauffmann et al. 2004, Constantin & Vogeley 2006).

Con este trabajo de tesis se pretende arrojar un poco más de luz sobre este tema, estudiando la actividad nuclear allí donde las interacciones gravitacionales son más evidentes, en los Grupos Compactos de Galaxias. Si la interacción juega un papel importante en la aparición de actividad, encontraremos en estos entornos un alto porcentaje de AGNs.

### 1.2.1. Relación Actividad-Morfología-Densidad

Si bien parece que el efecto de la interacción en la aparición de formación estelar está demostrada tanto con estudios en el óptico (Kennicutt et al. 1987; Keel 1993; Donzelli & Pastoriza 1997; Barton et al. 2000), en infrarrojo (Lansdale, Persson, & Matthews 1984), y en radio (Hummel 1981). Esta relación no está tan clara para actividad nuclear tipo AGN.

En la bibliografía se puede encontrar múltiples estudios sobre la posible conexión entre la aparición de la actividad nuclear, la morfología y el entorno. Adams (1977) encontró sobre una muestra de galaxias Seyfert, que éstas se encontraban preferentemente en galaxias espirales y en sistemas perturbados e interactuantes y Balick & Heckman (1982), plantearon la importancia del entorno y otros aspectos dinámicos y morfológicos, en la creación y evolución de un núcleo activo. Dahari (1985) encontró un exceso marginal de Seyferts entre galaxias espirales en interacción que aumentaba si restringía la muestra a las galaxias que estaban sufriendo una interacción más fuerte. Keel et al. 1995 también encontró que las galaxias Seyfert se encontraban con más frecuencia en galaxias en interacción que en galaxias espirales aisladas pero a diferencia de Dahari (1985) el exceso era más pequeño en los sistemas con interacciones más fuertes. Moles et al. (1995) encontraron que la mayoría de núcleos activos aparecían en galaxias espirales de tipo temprano. Esta segregación morfológica ha sido confirmada con los datos del SDSS (Miller et al. 2003; Kauffmann et al. 2003) aunque algunos estudios más recientes (Gallo et al. 2008; Decarli et al. 2007) afirman que en vez de la morfología, la actividad nuclear parece estar asociada con la masa estelar de la galaxia.

En los HCGs, una vez que se confirmó su naturaleza, se empezaron a hacer estudios en busca de un aumento de formación estelar o actividad nuclear, puesto que si se descubría dicho aumento, entonces era otra confirmación de que sistemas ligados físicamente. Para ello Menon (1995) realizó un estudio en radio continuo encontrando que las galaxias espirales en los HCGs tenían, en global, menos emisión en radio continuo que las de campo. Recordemos que la emisión en radio continuo de las galaxias espirales puede provenir tanto del disco como del núcleo. La del disco proviene de remanentes de supernovas y están relacionadas con la formación estelar mientras que la del núcleo puede venir tanto de la formación estelar como de un AGN. Zepf (1993) encontró que en las galaxias aisladas la mayor contribución a la emisión en radio continuo provenía del disco, sin embargo del estudio de Menon (1995) se encuentra que la mayor contribución a la emisión de radio continuo proviene de las zonas nucleares, es decir, que aunque globalmente tenían menos emisión en radio continuo que las de campo, si se cuantificaba sólo la emisión proveniente del núcleo entonces las galaxias de los grupos de Hickson mostraban más emisión que las aisladas. También se realizaron estudios con datos del infrarojo lejano obtenidos con el satélite IRAS y se encontró (Verdes-Montenegro et al. 1997; Leon et al. 1998; Coziol et al. 1998), que la eficiencia global de formación estelar de las galaxias de los HCGs es similar al encontrado en galaxias de campo o en pares en interacciones suaves, si bien destaca un exceso estadísticamente significativo de la emisión a  $25\mu\text{m}$  que indicaría la presencia de actividad central bien como formación estelar reciente o la existencia de actividad nuclear tipo AGN de baja luminosidad. En el estudio realizado sobre una muestra de galaxias pertenecientes a los Grupos Compactos del UZC (Kelm et al. 2004a), tampoco se observó ningún incremento de la emisión en infrarojo lejano.

Posteriormente, en un estudio espectroscópico en busca de actividad nuclear en una pequeña muestra de las galaxias más brillantes de algunos grupos, Coziol et al. (1998, 2000, 2004) encuentran, efectivamente, un alto porcentaje de AGNs en estos entornos aunque Shimada et al. (2000) afirman que la diferencia con respecto a galaxias de campo no es significativa. Estudiando el tipo de actividad y las propiedades de las galaxias Coziol et al. (1998) encontraron que en los grupos compactos se da una relación de actividad-morfología densidad. Esta relación está asociada con la más conocida de morfología-densidad (Dressler 1980) observada en otro tipo de estructuras. Para los Grupos Compactos esta relación indica que las galaxias de dichos grupos tienen una historia común y que su evolución se ha visto influenciada por el entorno.

Además de la relación del entorno con la formación estelar y con la aparición de actividad tipo AGN, también existe una relación entre la aparición de estallidos de formación estelar o *Starburst* y los AGN. Esta conexión puede ser simplemente circunstancial ya que el *Starburst* y la actividad AGN se pueden manifestar en el mismo sistema simplemente porque están afectados por un elemento común como es el aporte de gas (Storchi-Bergmann et al. 2001). Puede ser una conexión donde el AGN y el *Starburst* se contaminan uno al otro en las propiedades observadas (Cid-Fernandes et al. 2001). O puede ser una conexión causal, es decir, una conexión más fundamental donde el *Starburst* causa el AGN (Weedman 1983) o viceversa (Goncalves 1999).

### 1.3. Interacción en los GC

El primer signo inequívoco de la interacción gravitacional entre los miembros del grupo son las perturbaciones cinemáticas y morfológicas de las galaxias que al tener velocidades de rotación comparables a la dispersiones de velocidad de los grupos, las hacen muy vulnerables a la interacción. Coziol & Plauchu-Frayn (2007) sobre un estudio morfológico basado en imágenes en el infrarojo cercano de una muestra de galaxias de HCGs encontraron que el 75 % de las galaxias presentaban evidencias de asimetrías relacionadas con la interacción.

Si queremos estudiar la influencia que la interacción puede tener sobre la actividad nuclear, es necesario contar con criterios cualitativos y cuantitativos que nos den una idea acerca del grado de interacción en un grupo. Este lo vamos a caracterizar a través de varios parámetros como son el estado evolutivo del grupo, la distribución de gas hidrógeno neutro o HI, la dispersión de velocidades del grupo, las perturbaciones morfológicas y cinemáticas de las galaxias o la concordancia de tipos morfológicos.

Cuando haya datos de HI disponibles, la mejor forma de cuantificar el estado evolutivo de un grupo es observando la cantidad y distribución de este gas, puesto que esta componente es la primera que se ve afectada por los encuentros gravitacionales. Según un estudio

realizado por Hibbard & van Gorkom (1996) sobre varios sistemas dobles en interacción que representaban distintos estados de fusión observaron que en los sistemas más tempranos (cuando empieza la interacción) todavía quedaban grandes cantidades de HI en los discos galácticos, mientras que en los estados avanzados de fusión se encontraba muy poco HI. De esta forma estudiando el contenido de hidrógeno neutro en los grupos podremos tener indicación de si el grupo está más o menos evolucionado (Verdes-Montenegro et al. 2001, 2002, 2005).

Esta deficiencia mide la cantidad de gas neutro que ha sido transformado, expulsado o bien reconducido hacia las partes centrales de la galaxias para eventualmente producir formación estelar nuclear o alimentar un AGN. Los resultados obtenidos por (Verdes-Montenegro et al. 2001) sobre el contenido de HI en los grupos de Hickson, muestran que estadísticamente existe una deficiencia de HI en los grupos y que los grupos más deficientes de HI tienden a tener mayor dispersión de velocidades, una mayor proporción de galaxias tempranas y a ser más compactos. A su vez un 70 % de las espirales observadas con el VLA muestran distribuciones claramente perturbadas en HI.

### **Perturbaciones Morfológicas y Cinemáticas**

Aparte de todas las perturbaciones morfológicas evidentes que se observan en las galaxias miembro de los grupos, los CGs contienen una mayor proporción de galaxias de tipos morfológicos más tempranos, lo que concuerda con la relación densidad-morfología encontrada por Dressler. Mientras que para muestras de galaxias de campo, la fracción de galaxias de tipo tardío es del 82 % (Gisler 1980; Nilson 1973) para los HCGs es del 49 % (Hickson et al. 1988) y para los UZC-CG del 50 %. Y esta fracción se mantiene si cuantificamos la cantidad de galaxias de tipo tardío que lideran los grupos (es decir, la más luminosa). Indicando que la interacción está afectando a parámetros estructurales fundamentales de las galaxias.

Por su parte, el tipo de perturbaciones cinemáticas debido a la interacción gravitacional va a depender del tipo de galaxia. Si se trata de una galaxia espiral entonces afectaría a su curva de rotación. Rubin & Kent (1991) comprobaron que 2/3 de las galaxias espirales su muestra de HCGs (48 galaxias de las que 35 eran tardías) tenían curvas de rotación peculiares. En cuanto a las galaxias elípticas, las perturbaciones cinemáticas se observan en las isofotas y en la dispersión de velocidades de las galaxias. Bettoni & Fasano (1993, 1996) obtuvieron que las galaxias elípticas que se encontraban en los HCGs tenían isofotas irregulares y en algunos casos en forma de cubo (boxy). Por su parte, Zepf (1993) obtuvieron para las galaxias elípticas de los HCGs mayor dispersión de velocidades. Esta comparación se realizó entre galaxias que tenían el mismo radio efectivo, magnitud absoluta y color. Todo esto sugiere que las órbitas de las estrellas han sido perturbadas por las fuerzas de marea resultantes de encuentros cercanos con galaxias vecinas.

En general los grupos compactos se definen como asociaciones de tres o más galaxias que tienen peculiaridades tanto morfológicas como cinemáticas además de,

- Emisión del gas intergaláctico en rayos X
- Emisión en radio
- Emisión en el infrarrojo
- La mayoría de sus galaxias muestran algún tipo de actividad en el núcleo.
- Están dominados por materia oscura.

Ya sea cinemática, dinámica o morfológicamente las galaxias de los Grupos Compactos son distintas de las situadas en otros entornos

## 1.4. Estudios previos sobre Actividad en CGs

El primer estudio sobre actividad nuclear en galaxias pertenecientes a grupos compactos fue realizado por Coziol et al. (1998) con una muestra de 17 HCGs de los que se obtuvieron espectros para las 82 galaxias más brillantes obteniendo que aproximadamente el 50 % albergaban actividad nuclear de baja luminosidad (LLAGN, del inglés Low Luminosity AGN) entre los que se encuentran los LINERs.

También en la muestra de grupos compactos de sur (SCGs) Coziol et al. (2000) observaron algo similar. Confirmaron, en particular, que los SFNs estaban localizados principalmente en galaxias espirales tardías. Ellos también concluyeron que los SCGs estaban dominados por AGNs y galaxias sin emisión y que los AGNs estaban en las galaxias más luminosas y de tipo más temprano de los grupos. La única diferencia con lo encontrado en el estudio previo de los HCGs es que los SCG contenían más SFNs y menos galaxias sin emisiones que se explicó como una diferencia en evolución de los grupos. Es decir, los SCGs tendrían grupos menos evolucionados que los HCGs.

Respecto a los grupos compactos del UZC, no existen estudios anteriores con datos espectroscópicos para el análisis de la incidencia de actividad nuclear en sus galaxias. Con la clasificación inicial tomada de Falco et al. (1999), sólo hay una cota inferior al porcentaje de emisiones, como mostramos en el siguiente capítulo, debido a la baja resolución de los espectros. Posteriormente Kelm & Focardi (2004b) intentaron caracterizar el tipo de actividad que albergaban las galaxias del catálogo de UZC-CG. Primero restringieron el catálogo a 192 grupos entre 2500-7500km/s y luego buscaron información para estas galaxias en el catálogo de Véron-Cetty & Véron (2001) el de Carrillo et al. (1999) y la base de datos astronómicos NED (del inglés Nasa/IPAC Extragalactic Database). Encontraron actividad tipo AGN solamente en 30 galaxias, lo que da un porcentaje muy pequeño en comparación

con lo encontrado en otros CGs. Este resultado no implica que los grupos del UZC-CG contengan un porcentaje mucho menor de galaxias con actividad tipo AGN que otros grupos sino que lo único que demuestra es lo poco que han sido estudiados y por lo tanto la poca información disponible al respecto. Nosotros veremos en el Capítulo 6 que en los UZC-CG hay un porcentaje de emisiones y de AGNs similar al encontrado en otros grupos compactos. También en estos grupos los AGNs tienden a estar en galaxias más tempranas que los TOs y los SFN y además al igual que en los SCGs, los tripletes tienen un mayor porcentaje de SFN que los multipletes.

A parte de estos estudios no se ha realizado clasificación de actividad nuclear en otras muestras de Grupos Compactos hasta el momento.

## 1.5. Esquema de la Tesis

Esta tesis tiene como tema central el estudio de la naturaleza de la actividad nuclear en galaxias pertenecientes a Grupos Compactos y la conexión que esa actividad pueda tener con los procesos de interacción gravitacional.

Para realizar este análisis se han escogido dos Catálogos de Grupos Compactos: Los Grupos Compactos de Hickson y los Grupos Compactos del UZC.

El catálogo de Grupos Compactos de Hickson es uno de los más estudiados hasta el momento y posee información variada tanto de las propiedades de las galaxias como su magnitud, morfología, emisión en radio continuo, etc; como de los grupos (dispersión de velocidades, masa virial, contenido de hidrógeno neutro, etc). Sin embargo su actividad sólo se ha estudiado en las galaxias más brillantes de algunos grupos. En esta tesis se ha definido una muestra completa y estadísticamente significativa de este catálogo (Capítulo 2.1) y se obtenido espectroscopía de resolución intermedia para sus galaxias, usando cuatro telescopios. Tras una rigurosa reducción de los datos (Capítulo 3) se ha clasificado el tipo de actividad nuclear que albergan estas galaxias usando los denominados diagramas de diagnóstico (Capítulo 4). Todas las propiedades recopiladas tanto de las galaxias como de los grupos se han correlacionado con el tipo de actividad nuclear que contienen las galaxias y con el tipo de actividad nuclear que predomina en el grupo, todos estos resultados se muestran en el Capítulo 5.

El otro catálogo que hemos escogido es el del UZC-CG. Como hemos visto antes, es el único que se ha sacado de un *survey* con información radial minimizando así las posibles proyecciones. Además se han incluido los tripetes en la definición de grupo compacto por lo que la mayor parte del catálogo son tripetes (76 %). Este catálogo no ha sido tan ampliamente estudiado como el de los HCGs por lo que no disponemos de tanta información como el contenido de hidrógeno neutro u observaciones en el infrarrojo lejano pero tenemos las propiedades principales que serían la magnitud y la morfología de las galaxias por un lado

y la dispersión de velocidades del grupos y la separación media entre pares por otro. Después de la obtención de los espectros, en este caso usando datos de Archivo (Capítulo 2.2), hemos clasificado la actividad nuclear igual que en la muestra de HCGs y de igual modo hemos correlacionado las propiedades de la galaxia y de los grupos con el tipo de Actividad Nuclear. Los resultados tanto de la clasificación nuclear como de la correlación del tipo de actividad con las propiedades de la galaxia y del grupo se encuentran en el Capítulo 6.

Uno de los resultados más interesantes, encontrado a partir del análisis de los dos catálogos de Grupos Compactos, es la ausencia de AGNs de tipo I (aquellos con una componente ancha en las líneas de Balmer) en comparación con lo que se encuentran en otros entorno. Ver Capítulo 7 y Martínez et al. (2008a).

Por último en el Capítulo 8 se hace una comparación entre los resultados obtenidos para los dos Catálogos de Grupos Compactos y los datos encontrados por otros autores en otros entornos.

## Capítulo 2

# SELECCION DE LAS MUESTRAS Y OBTENCION DE LOS DATOS

### 2.1. Grupos compactos de Hickson

Los Grupos Compactos de Hickson (HCGs) se caracterizan por tener una alta densidad de galaxias y una baja dispersión de velocidades  $\langle \sigma_v \rangle \approx 200\text{km/s}$ . Estos grupos, además de contener un número pequeño de galaxias (de tres a ocho miembros) espacialmente muy próximas entre sí, están situados en general en entornos poco densos, lo que hace que la interacción gravitacional de una galaxia venga única y exclusivamente de otra galaxia miembro del grupo. Al contrario de otros catálogos anteriores, el HCG muestra una mayoría de multipletes y se ha demostrado que están realmente aislados (Palumbo et al. 1995). Presentan un amplio rango en morfología de las galaxias ya que aunque están dominados por tipos tempranos (51%), también contienen espirales tempranas y tardías e incluso alguna galaxia irregular (Hickson et al. 1988, 1989; Martínez et al. 2008a).

Aunque en un principio se pensó que estas agrupaciones podían ser simples alineaciones (Mamon 1986, basandose en modelos iniciales de interacción que daban tiempos de fusión muy bajos), poco a poco se fue demostrando que en verdad constituían sistemas físicos unidos dinámicamente. Debido a esa interacción muchas de las galaxias de los grupos muestran perturbaciones morfológicas y cinemáticas como desviación en las isofotas y curvas de rotación asimétricas (Hickson 1997; Verdes-Montenegro et al. 1997; Amram et al. 2003; Plana et al. 2003; Martínez et al. 2006a). También debido a la interacción, parte del gas de las galaxias es expulsado al exterior y una proporción importante en vez de escapar, se queda atrapado en el pozo de potencial del grupo. Este gas caliente se observa en rayos X en algunos grupos (Sulentic et al. 1995; Ponman et al. 1996). Otros signos evidentes de

la interacción entre galaxias del grupo son las colas de marea tanto en el óptico como en HI, las contrarotaciones en las curvas de velocidad (Durbala et al. 2008) o la presencia de envolventes de galaxias (Verdes-Montenegro et al. 2002).

Los criterios de selección utilizados por Hickson (1982) para la elaboración del catálogo a partir de la medición en las placas de Monte Palomar, sin información aún sobre *redshift*, fueron tres:

**Criterio de población:** el número de galaxias tenían que ser igual o mayor que cuatro y la diferencia de magnitud aparente (en el rojo) de la galaxia más brillante del grupo con la más débil podía ser como máximo de tres magnitudes. Esta restricción trataba de aumentar la probabilidad de seleccionar galaxias asociadas físicamente y que tuvieran masas lo suficientemente parecidas como para que todas las galaxias participaran en el comportamiento dinámico del grupo.

**Criterio de aislamiento:** el radio del círculo más pequeño que contenía al grupo debía ser tres veces menor que la distancia desde el centro del grupo a la galaxia más próxima y con una diferencia de magnitud menor de tres. Con esto se pretendía seleccionar sistemas dinámicamente independientes, que no formaran parte de sistemas mayores.

**Criterio de compacidad:** el brillo superficial medio del grupo  $\langle \mu_G \rangle$  debía ser menor o igual que 26 magnitudes/segundo de arco<sup>2</sup>. Este criterio de densidad de galaxias, se refiere a que el tamaño medio de las galaxias sea similar a la distancia que las separa. Además el brillo superficial es independiente de la distancia.

Al principio de la elaboración del catálogo, las magnitudes fueron estimadas a ojo, comparando las imágenes de las galaxias del catálogo con las imágenes de otras galaxias de magnitud conocida que hubieran sido detectadas también en el POSS-I. Más tarde cuando, con la llegada de las cámaras CCD, se obtuvieron las magnitudes en el rojo y en el azul (Hickson et al. 1989) se vio que el rango de error respecto a las estimadas inicialmente era como máximo media magnitud. También se hizo espectroscopía de muy baja resolución de todas las galaxias de la muestra (Hickson et al. 1992) para calcular el *redshift*. Con estos datos se vio que ocho de los cien grupos catalogados inicialmente no tenían entidad física ya que los  $z$  de las galaxias no coincidían, por lo que el catálogo estaba compuesto de 92 grupos compactos con al menos tres galaxias con *redshift* concordante. Algunos de esos grupos pasaron a ser tripletes, después de encontrar que alguna de sus galaxias estaba muy alejada en *redshift* del grupo, y aunque ya no cumplían el criterio de población, seguían siendo aislados y compactos por lo que se mantuvieron dentro del catálogo. En realidad, considerando las galaxias identificadas por Hickson, Sulentic (1997) encontró que eran 82 grupos los que cumplían estrictamente los criterios de Hickson y de estos, 61 tenían cuatro o más galaxias. Posteriormente otros autores han mostrado la existencia en algunos grupos

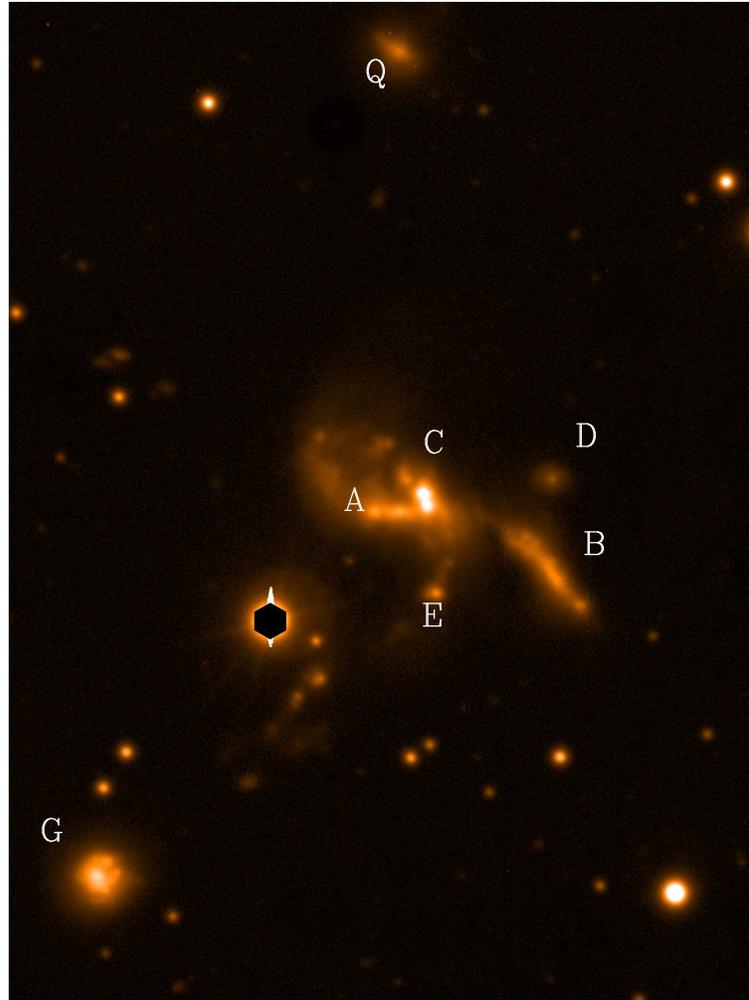


Figura 2.1: Hickson 31: imagen CCD en el filtro B obtenidas en ambos casos para nuestro proyecto con el telescopio NOT del Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma.

de otras galaxias al mismo *redshift* (Ribeiro et al. 1996; de Carvalho et al. 1997; Huchtmeier et al. 2003; Verdes-Montenegro et al. 2005; del Olmo et al. 2003) y que inicialmente no fueron catalogadas como miembros de los grupos por lo que algunos tripletes pasan otra vez a ser multipletes ( $N \geq 4$  galaxias). Para la selección de la muestra hemos considerado los 92 grupos ya que un triplete también puede estar ligado físicamente y ser un grupo compacto con otras galaxias más débiles que aún perteneciendo al grupo tienen mayor diferencia de magnitud que la impuesta inicialmente por Hickson, de hecho, en los otros catálogos no se impone este criterio. La restricción de Hickson se debió a que como no disponían de la información del *redshift*, tomando cuatro galaxias se minimizaba el riesgo de incluir proyecciones accidentales de un par de galaxias con una galaxia superpuesta que

no constituía un grupo real y con una naturaleza muy distinta a la de los grupos.

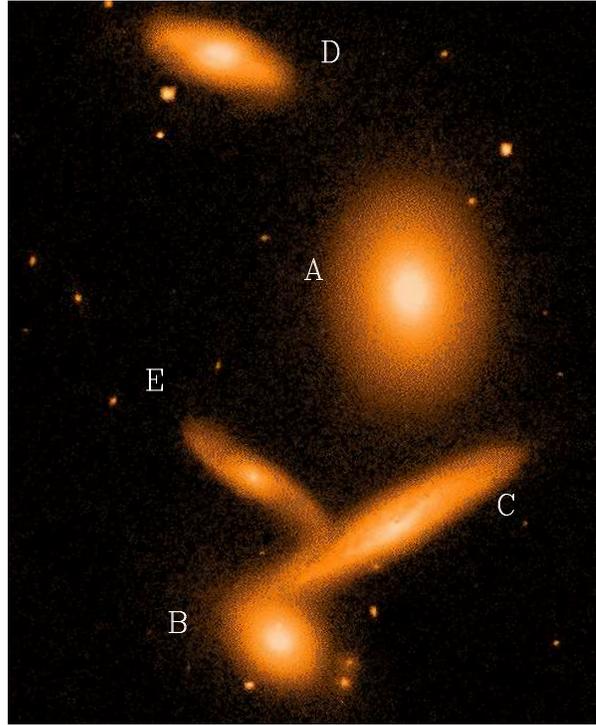


Figura 2.2: Hickson 40: imagen en los filtros J+K obtenida por el telescopio Subaru.

En las Figuras 2.1, 2.2, 2.3 mostramos, a título de ejemplo, imágenes CCD de tres grupos compactos de nuestra muestra de HCGs con diferente grado de interacción: H31, H40 y H95. Se puede ver a simple vista que en cada grupo hay varias galaxias interactuando y como las fuerzas de marea producen perturbaciones estructurales en las galaxias, haciendo, por ejemplo, que exista transferencia y que se creen puentes de materia entre ellas así como colas que expulsan material (estrellas y gas) de las galaxias hacia el medio intergaláctico.

### 2.1.1. Selección de la Muestra de HCGs

Para llevar a cabo este estudio, es necesario una muestra amplia y bien definida de grupos compactos que contemple el rango más amplio en las propiedades que se observan en los HCGs, como son la densidad de galaxias, la dispersión de velocidades, el contenido de hidrógeno atómico, el grado de perturbación morfológica de las galaxias o el estado evolutivo de los grupos.

Para elaborar la muestra de los HCGs, partimos de los 92 grupos del catálogo de Hickson con al menos tres galaxias con  $z$  concordante. Para ellos se analizó la distribución de brillo superficial medio y de *redshift*. En la Figura 2.4a se representa un histograma del brillo superficial medio por grupo donde se ve que la muestra puede considerarse completa hasta



Figura 2.3: Hickson 95: imagen en el filtro B obtenidas para nuestro proyecto con el telescopio NOT del Observatorio del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma.

$\mu_G \approx 24,4 \text{ mag/arcsec}^2$ . Respecto a la distribución en *redshift*, en la Figura 2.4b, se observa que la muestra puede considerarse completa sólo para  $z \leq 0,045$ .

Tomando estos dos criterios ( $\mu_G < 24,4 \text{ mag/arcsec}^2$  y  $z < 0,045$ .) obtenemos una muestra completa y estadísticamente significativa que contiene 65 grupos, con un total de 282 galaxias, de los que 50 son observables desde el hemisferio Norte.

Para cuatro grupos (H23, H31, H92 y H97) se observaron también algunas galaxias que no aparecen en la lista original de Hickson pero que se ha demostrado su pertenencia al grupo (de Carvalho et al. 1997; Moles et al. 1997; Sulentic et al. 2001; Verdes-Montenegro et al. 2005).

### Características de la Muestra

Nuestra muestra de HCGs contiene 53 Multipletes (82%) y 12 Triplettes, un porcentaje similar al encontrado en la totalidad del catálogo. En cuanto a las galaxias de la muestra el 53% son espirales y lenticulares (Tipo morfológico,  $T < \text{SOa}$ ), un 24% son espirales tempranas ( $\text{SOa} \leq T \leq \text{Sbc}$ ) y un 23% son espirales tardías ( $T > \text{Sbc}$ ). Las galaxias se encuentran entre 1231km/s y 13950km/s y el 82% son galaxias más brillantes que  $M_B = -19$

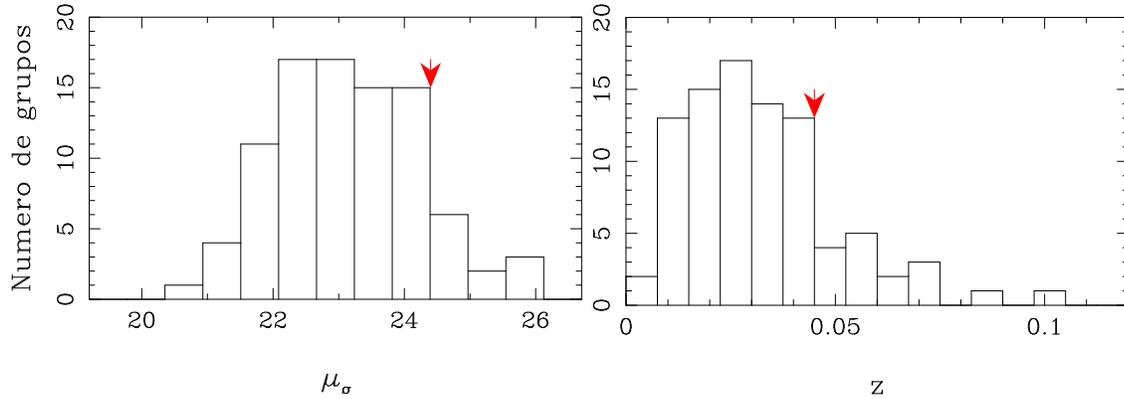


Figura 2.4: La figura 2.4a (izquierda) muestra la distribución de brillo superficial medio por grupo,  $\mu_G$  (magnitudes/arcsec<sup>2</sup>) para el catálogo de Hickson. La figura 2.4b (derecha) presenta la distribución de *redshift* para los 92 grupos del catálogo. Las flechas marcan el punto donde cortamos para seleccionar la muestra completa.

con una mediana de  $M_B = -20.15$ .

En la Tabla 2.1 se da la lista de los grupos seleccionados y sus principales características. En las columnas 2 y 3 están las coordenadas de los grupos de ascensión recta y declinación en J2000. En la columna 4 se da el número de galaxias con *redshift* concordante dentro del grupo y en la columna 5, el número de galaxias para las que hemos obtenido información espectral. Las galaxias extra observadas en los cuatro grupos mencionados anteriormente se han añadido, en esta columna, después de un signo '+'. De la columna 6 a la 12 se dan algunas propiedades generales de los grupos como son, el *redshift* (columna 6), la dispersión de velocidades en km/s (columna 7), separación media proyectada en kpc (columna 8), brillo superficial medio en mag/arcsec<sup>2</sup> (columna 9), el logaritmo de la masa virial en gramos (columna 10), el logaritmo de la luminosidad total de todas las galaxias con *z* concordante en Watios (columna 11) y el diámetro del grupo en minutos de arco (columna 12). Finalmente en la columna 13 aparece un HI para aquellos grupos que tengan datos de observaciones de gas atómico bien con una sola antena o con el VLA, en la columna 14 el logaritmo la luminosidad en rayos X en erg/s y en la columna 15 las galaxias que tienen luminosidades medidas en el infrarrojo lejano del satélite IRAS.

Las coordenadas de los grupos se han sacado de NED. Los datos del número de galaxias que pertenecen a cada grupo se han sacado de Hickson et al. (1992) pero se han cambiado en algunos grupos que detallamos a continuación:

HCG5 estaba clasificado con 3 galaxias, pero a partir de nuestros espectros encontramos que H5d pertenecía al grupos y se encuentra al mismo *redshift* ( $z=0.0413$ ) que el resto de las galaxias del grupo y no al previamente asignado por Hickson ( $z=0.0274$ ), por lo que HCG5 se transforma en un multiplete.

- HCG21 está clasificado como un triplete pero puesto que las dos galaxias con  $z$  discordantes se encuentran a poco más de 1000km/s no está tan claro que no estén asociadas con las otras tres como se ha mostrado en otros grupos (). Nosotros lo consideramos un múltiplete de 5 galaxias.
- HCG43 contenía 5 galaxias pero con nuestros espectros hemos visto que H43e se encuentra a un *redshift* ( $z=0.0966$ ) muy diferente que el resto de las galaxias del grupo ( $z=0.0330$ ) por lo que este grupo aún manteniéndose como compacto y múltiplete pasa a ser un cuarteto.
- HCG48 al igual que en HCG21, hemos incluido en el grupo a H48c ya que consideramos que esta galaxia con  $z$  discordante puede estar relacionada con el grupo puesto que la diferencia en velocidad radial es solamente de 1173km/s.
- HCG51 consta de un quinteto más dos galaxias con  $z$  concordante. De hecho aunque para H51f había información de su velocidad radial (Hickson et al. 1992), para H51g no, y nosotros hemos confirmado que efectivamente esta galaxia tienen un  $z$  concordante con el resto de grupo por lo que es un septeto.
- HCG57 aunque Hickson et al. (1992) identificó ocho galaxias, solo obtuvo *redshift* para siete pero Barton et al. (1998) encontraron que H57h se estaba al mismo *redshift* del grupo y nosotros lo hemos confirmado con nuestra espectroscopía.
- HCG72 nosotros no descartamos que H72f pueda estar asociada al grupo por eso lo consideramos un quinteto.
- HCG95 aunque se definió inicialmente como un cuarteto, Iglesias-Páramo & Vílchez (1998) encontraron que H95b no pertenecía al grupo por lo que se transformaba en un triplete. Un estudio posterior de HI (?del Olmo et al. 2003) encontraron que en realidad H95c contenía dos núcleos por lo que podría considerarse como un cuarteto pero nosotros lo mantenemos como Triplete.
- HCG100 solo tenía información de  $z$  para tres de las cuatro galaxias, ya se ha confirmado que la cuarta galaxia también pertenece al grupo por lo que es un cuarteto.

Los datos de  $z$ ,  $\sigma_V$ , Rp, Masa y Luminosidad se han sacado de Hickson et al. (1992) donde usaban  $H_0=100$ , el diámetro del grupo de Hickson (1982) y el brillo superficial medio se ha calculado usando las magnitudes de las galaxias y el tamaño del grupo.

Los datos de HI se han tomado del artículo de Verdes-Montenegro et al. (2001). Este artículo concluye que la mayoría de las galaxias de los grupos son deficientes en hidrógeno neutro. En algunos casos este gas se encuentra distribuido en el grupo en puentes y colas de marea por lo que aunque las galaxias sean deficientes el grupo no lo es. En otros casos tanto el grupo como las galaxias son deficientes en HI. Estos autores hicieron una primera

clasificación evolutiva en base al contenido y la distribución espacial del HI. En la Tabla 2.1 se listan los grupos de nuestra muestra que tienen información de HI.

Los datos de rayos X se han tomado principalmente del artículo de Ponman et al. (1996). Ellos detectaron radiación en el continuo en muchos de los grupos. Esto indica la existencia de una gas intergaláctico expulsado de las galaxias, debido la interacción, pero atrapado en el grupo por el pozo de potencial gravitatorio creado por las galaxias miembro. En la mayoría de los casos se da un límite superior ya que no fueron observados específicamente y los tiempos de exposición eran muy bajos para la emisión en rayos X esperado en los grupos. En esta columna una X indica que se ha observado recientemente con XMM-Newton y la C indica que el grupo ha sido observado por Chandra aunque los datos no son públicos. Hay ocho grupos con datos en común en los dos instrumentos.

Los datos de la luminosidad en el infrarrojo lejano se han tomado de Verdes-Montenegro et al. (1998). Ellos obtienen sus resultados analizando los datos del satélite IRAS en las cuatro bandas y usando un proceso mucho más sensible del que se había utilizado hasta ese momento. Las galaxias entre paréntesis fueron estudiadas pero solo se obtuvo un límite superior para la emisión.

Tabla 2.1: Grupos de la Muestra Completa de HCGs

Nombre	$\alpha$ J2000	$\delta$ J2000	N.gal.	Info	$z$	$\sigma_V$ (km/s)	Rp (kpc)	$\mu_G$ ( $\frac{mag}{arcsec^2}$ )	logM (gr)	logL (W)	D (arcmin)	HI	$logL_X$ ( $erg\ s^{-1}$ )	$L_{FIR}$
H1	00 26 00.2	+25 43 05	4	4	0.0339	85.11	48.98	23.74	44.61	37.37	2.9	HI	<42.42	
H3	00 34 27.4	-07 35 35	3	4	0.0255	251.19	77.62	23.83	45.95	37.00	3.8	HI	<41.71	c (a b d)
H4	00 34 15.9	-21 26 48	3	3	0.0280	338.84	57.54	23.91	46.06	37.37	3.6	HI	XC	a (c d)
H5	00 38 54.3	+07 03 36	4	4	0.0410	147.91	25.70	22.15	44.96	37.41	1.6	HI	<42.54	
H6	00 39 10.1	-08 23 43	4	4	0.0379	251.19	25.12	21.95	45.42	37.31	1.6	HI	<42.43	
H7	00 39 23.9	+00 52 41	4	4	0.0141	89.13	45.71	23.81	44.71	37.34	5.7	HI	<42.03XC	a c (b d)
H10	01 26 13.0	+34 42 41	4	4	0.0161	208.93	93.33	23.92	45.79	37.49	10.9	HI	<41.43	a c (b d)
H13	01 32 22.1	-07 52 52	5	4	0.0411	181.97	46.77	23.92	45.30	37.47	2.5		<42.40	
H16	02 09 31.3	-10 09 31	4	4	0.0132	123.03	44.67	22.86	44.96	37.34	6.4	HI	41.68 XC	a c d (b)
H21	02 45 17.1	-17 37 10	5	4	0.0251	112.20	134.90	23.90	45.52	37.43	10.8	HI	<42.33	a b (c)
H22	03 03 31.3	-15 40 32	3	3	0.0090	43.65	26.92	22.62	42.74	36.88	5.0	HI	<41.15X	c (a b)
H23	03 07 06.5	-09 35 08	4	4+1	0.0161	169.82	66.07	24.08	45.51	36.82	7.1	HI	<41.72	
H24	03 20 18.9	-10 51 53	5	3	0.0305	199.53	29.51	23.23	45.30	37.12	2.4	HI	<42.52	
H26	03 21 54.2	-13 38 45	7	7	0.0316	199.53	31.62	22.72	45.13	37.03	1.9	HI	<41.95	
H28	04 27 19.5	-10 19 00	3	3	0.0380	85.11	21.88	22.22	44.55	37.25	1.2		<42.70	
H30	04 36 28.6	-02 49 57	4	4	0.0154	72.44	51.29	23.49	44.55	37.21	4.5	HI	<42.07X	c (a b d)
H31	05 01 38.3	-04 15 25	3	3+3	0.0137	56.23	8.13	21.90	43.23	37.12	0.9	HI	<41.93	a c b G
H32	05 01 42.9	-15 25 12	4	3	0.0408	208.93	61.66	23.71	45.65	37.68	3.0		<42.51	
H33	05 10 47.9	+18 02 05	4	4	0.0260	154.88	24.55	22.64	45.03	36.88	2.1	HI	41.77	c (a b d)
H34	05 21 47.4	+06 40 37	4	4	0.0307	316.23	15.49	21.72	45.47	37.19	1.2	HI	<42.55	
H37	09 13 35.6	+30 00 51	5	5	0.0223	398.11	28.84	22.65	45.93	37.44	3.2	HI	42.12 X	a b (c d e)
H38	09 27 38.8	+12 16 51	3	3	0.0292	12.88	58.88	23.44	-	37.12	2.9	HI	<42.01	a b c (d)
H40	09 38 54.5	-04 51 07	5	5	0.0223	147.91	15.14	21.18	44.84	37.39	1.7	HI	<41.73X	c d (a b e)
H42	10 00 21.8	-19 38 57	4	4	0.0133	213.80	44.67	23.12	45.48	37.42	6.0	HI	42.16 X	
H43	10 11 13.8	-00 01 54	4	5	0.0330	223.87	58.88	23.75	45.75	37.21	3.5	HI	<42.40	
H44	10 18 00.5	+21 48 44	4	4	0.0046	134.90	38.02	24.00	45.04	36.85	16.4	HI	<40.84X	a c d (b)

Tabla 2.1: continuación

Nombre	$\alpha$ J2000	$\delta$ J2000	N.gal.	Info	$z$	$\sigma_V$ (km/s)	Rp (kpc)	$\mu_G$ ( $\frac{mag}{arcsec^2}$ )	logM (gr)	logL (W)	D (arcmin)	HI	$logL_X$ (erg s $^{-1}$ )	$L_{FIR}$
H46	10 22 12.8	+17 51 30	4	4	0.0270	323.59	39.81	23.71	45.78	36.76	3.6	HI	<42.25	(a b c d)
H47	10 25 48.4	+13 43 54	4	4	0.0317	42.66	36.31	22.94	-	37.17	2.3	HI	<42.33	
H48	10 37 45.6	-27 04 50	4	4	0.0094	302.00	20.42	23.72	45.65	36.52	5.0	HI	41.58 C	b (a c d)
H49	10 56 36.5	+67 10 45	4	4	0.0332	33.88	12.30	22.80	-	36.82	0.9	HI	<42.26	
H51	11 22 20.9	+24 17 35	7	7	0.0258	239.88	58.88	23.39	45.51	37.43	4.5	HI	42.99 XC	
H52	11 26 18.7	+21 05 21	3	3	0.0430	181.97	87.10	23.95	45.55	37.38	3.2		<42.50	
H54	11 29 15.5	+20 35 06	4	4	0.0049	112.20	1.58	22.15	43.50	35.66	0.7	HI		a
H56	11 32 39.6	+52 56 25	5	5	0.0270	169.82	21.38	22.44	44.97	37.20	2.1	HI	<42.23 C	b (a c d e)
H57	11 37 50.5	+21 59 06	8	8	0.0304	269.15	72.44	23.73	45.80	37.71	5.5	HI	41.98	
H59	11 48 26.6	+12 42 40	4	4	0.0135	190.55	21.38	22.74	45.15	36.67	2.1	HI	<42.00	a (b c d)
H61	12 12 24.9	+29 11 21	3	3	0.0130	87.10	28.84	21.43	44.56	37.11	3.8	HI	<61.91 C	c (a d)
H62	12 53 08.1	-09 13 27	4	4	0.0137	288.40	26.92	23.07	45.43	37.02	3.7	HI	43.04 XC	b (a c d)
H63	13 02 10.0	-32 46 05	3	0	0.0311	131.83	44.67	24.04	44.73	37.53	2.9		<42.49	
H64	13 25 43.3	-03 51 28	3	4	0.0360	213.80	25.70	23.18	45.15	37.16	1.7	HI	<42.48	
H67	13 49 03.5	-07 12 20	4	4	0.0245	208.93	48.98	22.82	45.42	37.65	3.3	HI	41.69	b (a c d)
H68	13 53 40.9	+40 19 07	5	5	0.0080	154.88	33.11	22.95	45.11	37.27	9.2	HI	41.27 X	a c (b d e)
H69	13 55 30.7	+25 03 46	4	4	0.0294	223.87	30.20	22.22	45.31	37.20	1.9	HI	<42.33	b (a c d)
H72	14 47 55.2	+19 03 27	5	5	0.0421	263.03	35.48	21.80	45.59	37.73	1.8	HI	<42.54	
H74	15 19 28.2	+20 53 37	5	4	0.0399	316.23	38.90	22.12	45.75	37.62	1.9	HI	<42.67	
H75	15 21 33.8	+21 11 00	6	6	0.0416	295.12	37.15	22.74	45.52	37.55	2.2		<42.72	
H76	15 31 41.9	+07 18 29	7	6	0.0340	245.47	72.44	23.52	45.75	37.59	3.3	HI	<42.66	
H79	15 59 11.9	+20 45 31	4	4	0.0145	138.04	6.76	20.50	44.44	36.90	1.3	HI	<41.70	a (b c d)
H80	15 59 12.3	+65 13 33	4	4	0.0310	269.15	25.12	22.38	45.58	37.13	1.7	HI	<42.16X	
H82	16 28 22.1	+32 49 25	4	4	0.0362	616.59	70.79	23.29	46.61	37.62	3.1	HI	42.29	
H85	18 50 22.3	+73 21 00	4	4	0.0393	363.08	24.55	22.00	45.87	37.25	1.3	HI	42.27	
H86	19 51 59.2	-30 49 34	4	4	0.0199	269.15	46.77	23.94	45.80	37.24	4.0		42.32	c (a b d)

Tabla 2.1: continuación

Nombre	$\alpha$ J2000	$\delta$ J2000	N.gal.	Info	$z$	$\sigma_V$ (km/s)	Rp (kpc)	$\mu_G$ ( $\frac{mag}{arcsec^2}$ )	logM (gr)	logL (W)	D (arcmin)	HI	$logL_X$ ( $erg\ s^{-1}$ )	$L_{FIR}$
H87	20 48 11.9	-19 50 35	3	3	0.0296	120.23	30.90	21.91	44.65	37.35	1.5	HI	<42.36	a (b c d)
H88	20 52 22.8	-05 45 28	4	4	0.0201	26.92	67.61	23.51	-	37.53	5.2	HI	<42.18	a c d (b)
H90	22 02 05.6	-31 58 00	4	4	0.0088	100.00	29.51	22.07	44.39	37.19	7.4		41.48 X	a bd (c)
H91	22 09 10.4	-27 47 45	4	4	0.0238	181.97	52.48	23.91	45.35	37.62	5.2	HI		ad b (c)
H92	22 35 57.5	+33 57 36	4	4+1	0.0215	389.05	28.18	22.25	45.78	37.62	3.2	HI	42.16 XC	b c (d e)
H93	23 15 24.2	+18 58 59	4	5	0.0168	208.93	70.79	24.30	45.78	37.45	9.0	HI	<41.34	
H94	23 17 16.5	+18 43 11	7	5	0.0417	478.63	57.54	23.16	46.28	37.80	2.8	HI	X	
H95	23 19 31.8	+09 29 31	3	3	0.0396	309.03	30.20	21.41	45.72	37.53	1.5	HI	<42.43	
H96	23 27 58.3	+08 46 27	4	4	0.0292	131.83	30.20	21.94	44.97	37.49	2.3	HI	<42.11 C	a c (b d)
H97	23 47 22.9	-02 19 34	5	5+1	0.0218	371.54	63.10	23.71	46.14	37.28	5.2	HI	42.78 XC	b (a c d e)
H98	23 54 12.7	+00 22 24	3	3	0.0266	120.23	27.54	22.03	44.83	37.26	2.4	HI	<42.27	(a b c d)
H99	00 00 43.7	+28 23 20	5	5	0.0290	263.03	42.66	22.73	45.66	37.52	2.4	HI	<42.34	c (a b d e)
H100	00 01 20.8	+13 07 57	4	4	0.0178	89.13	38.02	22.91	44.69	36.97	3.6	HI	<41.99X	a c (b d)

### 2.1.2. Observaciones espectroscópicas

Para caracterizar el tipo de actividad nuclear que albergan estas galaxias es necesario tener espectroscopía de resolución intermedia en el rango óptico. Como veremos en el próximo capítulo, son los cocientes de líneas como  $[\text{OIII}]\lambda 5100\text{\AA}/\text{H}\beta$  y  $[\text{NII}]\lambda 6563\text{\AA}/\text{H}\beta$  los que determinan el tipo de actividad nuclear, por esto necesitamos observaciones en telescopios de tamaño medio que dispongan de instrumentos que cubran el rango 3500-7200 Angstroms ( $\text{\AA}$ ) con una dispersión entre 2-4 $\text{\AA}/\text{px}$ . Teniendo esto en cuenta se realizaron varias peticiones de tiempo en los distintos observatorios del Norte accesibles, que cumplieran estas características que son:

- el observatorio Hispano-Alemán de Calar Alto (CAHA) situado en la Sierra de los Filabres al norte de Almería (España), está dirigido conjuntamente con el Max-Planck-Institut-für-Astronomie (MPIA) en Heidelberg (Alemania) y por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA) en Granada. Las observaciones para la muestra de HCGs se ha realizado en el 2.2m con el instrumento CAFOS.

*Latitud: 37° 13'25" Norte, Longitud: 2° 32'46" Oeste, Altitud: 2168m*

- el Observatorio de el Roque de los Muchachos (ORM) situado en el Parque Nacional de la Caldera de Taburiente, en la Isla de La Palma, está coordinado por el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Las observaciones se realizaron con el telescopio nórdico de 2.5m (NOT) y el instrumento ALFOSC.

*Latitud: 28° 45'34" Norte, Longitud: 17° 52'34" Oeste, Altitud: 2396m*

- el observatorio de San Pedro Mártir (SPM), situado en la Sierra del mismo nombre en el estado de Ensenada (México), está dirigido por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En este Observatorio se usó el telescopio de 2.12m con el espectrógrafo Boller & Chivens

*Latitud: 31° 02'39" Norte, Longitud: 115° 27'49" Oeste, Altitud: 2830m*

- el Observatorio de Sierra Nevada (OSN) en el paraje de la Loma de Dílar en Granada, está gestionado por el Instituto de Astrofísica de Andalucía. En este observatorio se usó el telescopio de 1.5m con el instrumento ALBIREO.

*Latitud: 37° 03'51" Norte, Longitud: 03° 23'05" Oeste, Altitud: 2896m*

En la Tabla 2.2 se muestra para cada Observatorio donde se han tomado datos, el telescopio utilizado (columna 2), el espectrógrafo (columna 3) así como las redes usadas (columna 4). Para cada red se da en la columna 5 el rango espectral que cubre y en la columna 6 la dispersión en  $\text{\AA}$  por pixel resultante. En algunos casos, las configuraciones instrumentales permiten, con una sola red, cubrir todo el rango deseado (OSN) con una dispersión muy buena mientras que en otras configuraciones, si queremos, como es el caso de CAHA, esa misma resolución y rango, tenemos que realizar exposiciones con dos redes.

Tabla 2.2: Telescopios e instrumentación

Observatorio	Telescopio	Instrumento	Red	Rango	Dispersión
CAHA	2.2m	CAFOS	B100	3200Å-5800Å	2 Å/px
			G100	4900Å-7800Å	2.12Å/px
			B200	3200Å-7000Å	4.58Å/px
OSN	1.5m	ALBIREO	Red4	3600Å-7500Å	2Å/px
ORM	2.5m	ALFOSC	GR4	3200Å-9100Å	3 Å/px
			GR8	5825Å-8350Å	1.24Å/px
SPM	2.1m	Boller-Chivens	R300	3800Å-7500Å	4.3Å/px

En la Tabla 2.3 se presentan las cámaras CCD (columna 2) utilizadas y las características, donde se incluye, el tamaño del pixel en micras (columna 3), el tamaño de la CCD en ambos ejes, en píxeles (columna 4) y la escala espacial resultante a lo largo de la rendija en segundos de arcos (columna 5).

En cada campaña de observación, además de las galaxias objeto de estudio, se realizan diversas exposiciones para la calibración del instrumento, que explicaremos en el siguiente capítulo, como son: *bias*, *flats-field*, lámparas de calibración en longitud de onda, etc. En particular cada noche se han hecho al menos dos secuencias de *bias*, al principio y al final de la noche, y en algunos casos en medio de la noche para comprobar que el nivel cero no cambiaba. Los arcos de calibración en longitud de onda se hacen después de la observación de cada galaxia sin cambiar la posición del telescopio por si hubiera alguna flexión, también se realizaron algunos arcos al principio y al final de cada noche. Los *flats-field* de cielo se tienen que hacer al amanecer y/o al anochecer, si bien no hace falta hacerlos todos los días ya que no varían en una campaña, se necesitan entre 5-10 para cada configuración, es decir, para cada red y rendija. Los *flats-field* internos se hicieron durante el día para no perder tiempo de telescopio por la noche y se hacen durante toda la campaña para tener al menos 10 de cada configuración.

Para la calibración en flujo absoluto de los espectros se observaron todas las noches tanto estrellas rojas como azules y algunas de ellas varias veces la misma noche y con la misma configuración. Las estrellas se seleccionaron de los catálogos espectrofotométricos existentes (). Entre las estrellas rojas elegidas están : Hiltner 102, HD19445, BD082015, HD84937, BD262606, BD253941, BD174708 y BD217086. Las azules escogidas fueron: Z-cassiopea, G191-B2B, HZ44, BD332642, BD284211 y la BD254655.

También se observaron galaxias estándar confirmadas como galaxias sin líneas de emisión por otros autores. Estas últimas junto con otras galaxias de nuestra muestra que tampoco albergan emisión han sido utilizadas como *template* para sustraer la contribución de la componente estelar del resto de las galaxias (este método se explica más adelante).

Tabla 2.3: Detectores

Observatorio	Detector	Pixel	Dimensiones	Escala
CAHA	SITE	24 $\mu_m$ /px	2048x2048	0.53arcsec/px
OSN	Loral/Lesser	15 $\mu_m$ /px	2048x2048	0.9arcsec/px
ORM	Loral/Lesser	15 $\mu_m$ /px	2048x2048	0.19arcsec/px
SPM	SITE	24 $\mu_m$ /px	1024x1024	1.05arcsec/px

En cuanto a la apertura, mientras que para las galaxias se utiliza una rendija entre 1z 2.5" dependiendo del observatorio y del *seeing*, para las estrellas de calibración en flujo abrimos la rendija hasta 10" para captar todo el flujo de la estrellas y hacer así una calibración en flujo absoluto.

En algunos casos fue posible incluir dos galaxias cercanas en la misma exposición dado que los espectrógrafos disponen de una rendija larga. Se seleccionaron sólo objetos lo suficientemente alejados como para poder resolverlos bien, y de magnitudes similares para que el tiempo de exposición fuera válido para las dos galaxias, obteniendo aproximadamente la misma relación S/N. En estos casos se optimiza la elección del ángulo de posición para obtener, si es posible, información espacial y cinemática de las características espectrales de las galaxias aparte del objetivo principal de la clasificación espectral de los núcleos.

Algunas galaxias fue necesario observarlas de manera aislada, bien porque tienen polvo en el centro y la rendija tiene que atravesar las dos partes visibles del núcleo, bien porque la imagen fotométrica del núcleo es alargado por lo que la rendija tiene que estar situada en el eje mayor.

En las observaciones de CAHA y ORM se pudo observar en muchos casos dos galaxias por rendija. En el caso del OSN y SPM, a pesar de disponer de una rendija larga sólo observamos normalmente una galaxia por rendija. Esto se debe a que en estos dos telescopios el *tracking* no es tan preciso y pueden existir, entre exposiciones, ligeros desplazamientos dentro de la rendija. Para evitar que estos desplazamientos sean espectrales ponemos siempre la rendija con un ángulo de posición perpendicular al eje espectral, es decir P.A.=90, orientación Este-Oeste, de forma que el desplazamiento que pueda sufrir la galaxia sea solo espacial.

Los tiempo de exposición se han calculado, para cada caso, en función de la magnitud de los objetos usando los manuales y simuladores del instrumento e imponiendo que la S/N en el continuo sea mayor de 10, que es lo mínimo necesario que estimamos para clasificar el núcleo de una galaxia como SFN o AGN. Ese tiempo lo hemos dividido en tres o cuatro exposiciones que luego serán combinadas aumentando la señal a ruido y, en el caso de los espectros de CAHA y ORM nos permite eliminar rayos cósmicos y otros posibles efectos electrónicos. En el caso del OSN y SPM el tiempo de exposición se divide en periodos de, como máximo, 20 minutos para evitar desplazamientos. Debido a esta diferencia en

la adquisición de datos en estos observatorios, la segunda parte de la reducción de los datos del OSN y de SPM es ligeramente distinta a la reducción de los datos de CAHA y ORM como veremos en el siguiente capítulo. Mientras que en estos últimos se hace todo el procedimiento de manera bidimensional, para OSN y SPM la combinación de espectros y calibración en flujo se hace de manera unidimensional, ya que previamente a la combinación hay que comprobar los posibles desplazamientos espaciales sufridos y de ahí que se extrae el espectro unidimensional de cada objeto antes de combinar las diferentes exposiciones.

A continuación se detallan las campañas realizadas en cada observatorio:

### **CAHA**

En este observatorio se han hecho cuatro campañas de observación:

- 7 noches en Noviembre de 2004
- 7 noches en Marzo de 2005, de las que sólo se observó cuatro por malas condiciones atmosféricas
- 3 noches en septiembre de 2005
- 5 noches en Marzo de 2006, de las que sólo se obtuvieron datos en dos

En la tabla 2.4 se da la lista de todas las galaxias de los HCGs observadas en Calar Alto (columna 1), con la fecha de observación (columna 2); en algún caso (H07c, H37c, H37e) las observaciones se realizaron dos noches diferentes en la misma campaña. Las redes utilizadas están en la columna 3, el ángulo de posición de la rendija, en grados, en la columna 4, el tiempo de exposición en segundos en la columna 5, la masa de aire a la que se observó el objeto en la columna 6 y la rendija utilizada en segundos de arco en la columna 7. Finalmente en la columna 8, se da la apertura utilizada, en kpc, tras la reducción de los datos, para el análisis nuclear de cada galaxia.

Casi todas las galaxias fueron observadas con dos redes (B100 y G100) cubriendo todo el rango espectral óptico necesario, solo cuando las condiciones meteorológicas eran adversas, se priorizó la observación con la red G100 que cubre la región de  $H\alpha$ . En H34b, se detectó también que la galaxia había tenido la explosión de una supernova, que caracterizamos como de tipo Ia, unos días antes de la observación (SN2004gc del Olmo et al. 2004, 2005).

### **ORM**

En este observatorio se han hecho dos campañas de observación con buenas condiciones fotométricas:

- 3 noches en Noviembre de 2005
- 2 noches en Abril de 2006

Además se disponía de datos observados en otras campañas anteriores realizadas en Septiembre y Noviembre de 1999 y en Abril del 2000.

En la tabla 2.5 están listadas todas las galaxias observadas en el ORM donde se incluye la fecha de observación (columna 2), la red de difracción utilizada (columna 3), el ángulo de posición (columna 4), el tiempo total de exposición en segundos (columna 5), la masa de aire (columna 6) y la rendija en segundos de arco (columna 7). Casi todas las galaxias fueron observadas con la red GR4 cubriendo un amplio rango espectral (3200Å-9100Å). H26a y la H40c fueron observadas con la red GR8 que cubre el rango de H $\alpha$  (5825Å-8350Å) y una dispersión de 1Å/px. H40d ha sido observada con ambas redes, la GR4 y la GR8. El espectro de H13c se obtuvo de la rendija que pasa por H13a y H13b. en todos los espectros se extrajeron una apertura de 1kpc.

## SPM

En el observatorio de San Pedro Mártir se han realizado tres campañas de Observación, dos en 2004 y una en 2005. La primera comprende la semana del 27 Febrero hasta el 7 Marzo de 2004. La segunda se realizó del 16 al 20 de Septiembre y la última del 2 al 5 de Mayo de 2005.

Casi todas las galaxias se observaron solas en la rendija con un PA de 90° para disminuir el posible desplazamiento espectral del objeto dentro de la rendija. En el caso de observar dos galaxias por rendija el P.A. era cercano a 90°. Todas las galaxias a excepción de HCG20a y HCG57c con 1800s (2\*900s), tienen el mismo tiempo de exposición, 2700s (tres exposiciones de 900 segundos). Todos los espectros fueron tomados con la Red 300.

Debido a que el *tracking* del telescopio no garantizaba, con la misma precisión que en los casos anteriores, la posición exacta de los objetos en exposiciones largas, se realizaron exposiciones de 900s, que está comprobado que no presenta problemas, y así se evitó desplazamientos espaciales. Este hecho ha influido en el modo de reducir los datos, puesto que en este caso hay que hacer una extracción unidimensional antes de combinar las distintas exposiciones, privándonos de la información bidimensional. Las galaxias observadas en SPM están en la Tabla 2.6, donde para cada objeto, se da la fecha de observación (columna 2), el P.A. con el que se observó (columna 3), el tiempo de exposición (columna 4), la masa de aire (columna 5), la rendija utilizada (columna 6) y la apertura elegida para extraer el espectro unidimensional en kpc (columna 7). En el caso de H75b, su espectro se saca de la rendija que pasa por los centros de H75a y H75f.

En la Tabla 2.6 se presentan todas las galaxias que se observaron en SPM pero aunque se han reducido todos los datos y se han clasificado todas las galaxias observadas, para el

análisis de los HCGs, solo se ha tendido en cuenta aquellas que pertenecen a la muestra completa que hemos definido, y deshechamos por lo tanto el resto (indicadas con una <sup>a</sup> en la tabla).

## OSN

En este observatorio se han realizado varias campañas de observación con noches oscuras y grises de ambos semestres de los años 2005 y 2006 y en dos noches en Abril de 2007. En general, las condiciones meteorológicas fueron bastante malas, con muchas noches nubladas o con vientos muy altos. Aún así se pudieron observar con condiciones aceptables de *seeing* y transparencia un total de 72 galaxias de los grupos de Hickson. En la Tabla 2.7 se dan todas las galaxias observadas en el OSN, la fecha de observación (columna 2), el ángulo de posición de la rendija (columna 3), el tiempo total de exposición en segundos (columna 4), la masa de aire de la observación (columna 5), la anchura de la rendija utilizada (columna 6) y el número de kpc extraídos del centro de la galaxia (columna 7). Todas las galaxias se observaron con la Red 4. Al igual que en SPM, también en el OSN se observaron galaxias que no pertenecían a la muestra completa y que aunque se han reducido todos los datos y clasificado, no se han tenido en cuenta para el análisis final.

De las 14 campañas de observación concedidas hay algunas en la que hemos observado el 95 % del tiempo (Campaña de Noviembre 2004 en CAHA) y otras en las que no se ha observado nada debido a las malas condiciones meteorológicas (Campaña de Diciembre de 2004 en el OSN).

De los 65 grupos de la muestra completa, 50 (222 galaxias) son observables desde el hemisferio Norte a una masa de aire menor de 1.3 ( $\delta \geq -10^0$ ). De estas 222 galaxias se ha obtenido información espectroscópica para 217 de las que 182 han sido observadas por nosotros y 35 se obtuvieron las intensidades de las líneas de la bibliografía (Coziol et al. 1998, 2000). Para las 5 restantes (H13e, H74e, H76g, H94ef), que corresponden a las galaxias más débiles de estos grupos, no se pudo obtener información espectral. Respecto a los 15 grupos del Sur ( $\delta < -10^0$ ) con un total de 60 galaxias, se ha obtenido información espectroscópica para 45 de ellas. Para H24, H26 y H28 se hicieron observaciones en el OSN (3 galaxias) y en ORM (del resto) con masas de aire entre 1.5 y 1.3, y para H48 se hicieron observaciones en el ORM a una masa de aire entre 2 y 2.5. Para 28 galaxias se ha sacado la información espectral de la bibliografía y para 7 más se ha tomado el espectro disponible en la base de datos de la ESO (H32abc, H91d) y en el 6dF (H91ab, H22d). El único grupo para el que no se tiene ninguna información espectroscópica para ninguna de sus galaxias es HCG63 (un triplete). A parte de este grupo tampoco hemos conseguido ninguna información para las cinco galaxias del Sur restantes (H21e, H24de, H32c y H91c.)

En total para esta muestra se han realizado nuevas observaciones espectroscópicas en el rango óptico para 199 galaxias. Se han obtenido espectros para 9 galaxias más de dos Archivos públicos (ESO y 6dF) y para 61 galaxias, la información de los cocientes de líneas se ha tomado de la bibliografía, quedando solo 13 galaxias de las 282 originales sin ninguna información espectral. Es decir, que gracias a las campañas en cuatro observatorios, se ha completado hasta un 96% el número de galaxias de la muestra completa de HCGs con información espectral.

En cuanto a las galaxias de la muestra completa, en la Tabla 2.8 se dan algunas de sus propiedades como son, por ejemplo, el tipo morfológico (columna 2) con su correspondiente código (siguiendo la nomenclatura de *de Vaucouleurs* de Vaucouleurs 1959) en la columna 3, la velocidad radial heliocéntrica en km/s, obtenida de observaciones en el óptico (columna 4), la inclinación de la galaxia (columna 5), la magnitud aparente en B corregida de extinción galáctica, extinción interna y efecto-k (columna 6) y la magnitud absoluta en esa misma banda obtenida a partir de la magnitud aparente y el *redshift* utilizando un valor de la constante cosmológica de  $H_0=70\text{km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$  (columna 7).

En la columna 8 se ha incluido la información de los espectros obtenidos para cada galaxia, en particular, donde se han tomado los datos, ya sea de nuestras observaciones (C: CAHA, N: ORM, O: OSN y S: SPM), de alguna base de datos (A: Archivo ya sea ESO o 6df), o de un trabajo anterior (B: Bibliografía) con un superíndice que detalla al final de la tabla la referencia correspondiente. En algunos casos, las galaxias fueron observadas con más de un telescopio, principalmente para testar las observaciones o porque los datos existentes no se habían realizado con buenas condiciones atmosféricas. En la columna 10, hemos incluido también, para aquellas galaxias que tienen datos espectroscópicos, si presentan líneas en emisión.

Los valores de la columna 2 a la 7 se han tomado de HYPERLEDA. En particular, los valores de la inclinación se calculan usando la relación entre los ejes de la isofota a 25mag/arcsec<sup>2</sup> y, si bien están disponibles para todas las galaxias, nosotros solo consideramos aquellas que son SO o más tardías puesto que no tiene mucho sentido hablar de inclinación en las galaxias elípticas.

Tabla 2.4: Galaxias observadas en CAHA

Id.	Noche Obs	RED	PA	$T_{exp}$	M.Aire	Rendija	kpc
H01a	2004-11-18	G100+B100	36.2	2400+2400	1.04	1.5	1.13
H01b	2004-11-18	G100+B100	36.2	2400+2400	1.04	1.5	1.13
H01c	2004-11-19	G100+B100	84.5	3400+3200	1.02	2.0	1.11
H01d	2004-11-19	G100+B100	84.5	3400+3200	1.02	2.0	1.11
H05a	2004-11-17	G100+B100	176.6	2700+2700	1.16	1.5	1.34
H05b	2004-11-16	G100+B100	152.0	3600+4500	1.17	1.5	1.35
H05c	2004-11-16	G100+B100	152.0	3600+4500	1.17	1.5	1.38
H05d	2004-11-17	G100+B100	176.6	2700+2700	1.16	1.5	1.39
H07a	2004-11-13	G100+B100	154.0	1800+1800	1.30	2.0	1.08
H07b	2004-11-14	G100+B100	170.4	2160+2700	1.24	1.5	1.09
H07c	2004-11-14/15	G100+B100	133.0	1080+3300	1.39	1.5	1.04
H07d	2004-11-14	G100+B100	170.4	2160+2700	1.24	1.5	1.06
H10a	2004-11-15	G100+B100	56.0	1800+1800	1.21	2.0	1.04
H10c	2004-11-17	G100+B100	45.0	2340+2700	1.07	1.5	1.11
H10d	2004-11-19	G100+B100	146	2700+2700	1.17	2.0	1.10
H30a	2004-11-14	G100+B100	128.0	1440+1680	1.31	2.0	1.03
H30b	2004-11-14	G100+B100	30.0	1440+1800	1.40	2.0	1.10
H30c	2004-11-16	G100+B100	128.2	2400+3600	1.43	2.0	1.08
H30d	2004-11-16	G100+B100	128.2	2400+3600	1.43	2.0	1.11
H31a	2004-11-19	G100+B100	90.0	2520+3300	1.34	2.0	1.04
H31b	2004-11-15	G100+B100	35.0	2340+2700	1.38	2.0	1.07
H31c	2004-11-19	G100+B100	90.0	2520+3300	1.34	2.0	1.05
H33a	2004-11-13	G100+B100	57.5	2700+3600	1.06	2.0	1.11
H33b	2004-11-13	G100+B100	8.0	2400+2700	1.20	1.5	1.03
H33c	2004-11-17	G100	45.0	1800	1.06	1.5	1.01
H33d	2004-11-13	G100+B100	57.5	2700+3600	1.06	2.0	1.14
H34a	2004-11-17	G100+B100	122.2	3600+4800	1.19	1.5	0.99
H34b <sup>a</sup>	2004-11-19	G100+B100	145.4	2700+3300	1.16	1.5	1.06
H34c	2004-11-19	G100+B100	145.4	2700+3300	1.16	1.5	1.03
H34d	2004-11-17	G100+B100	122.2	3600+4800	1.19	1.5	1.13
H37c	2005-03-13/17	G100+B100	163.4	3600+3600	1.04	1.5	1.08
H37e	2005-03-13/17	G100+B100	163.4	3600+3600	1.04	1.5	1.05
H38a	2004-11-16	G100+B100	152.0	2700+2700	1.23	2.0	1.13
H38b	2004-11-15	G100+B100	85.1	2160+2700	1.12	2.0	1.12
H38c	2004-11-15	G100+B100	85.1	2160+2700	1.12	2.0	1.13
H40e	2004-11-18	G100	54.0	2700	1.48	1.5	1.09

Tabla 2.4: continuación

Id.	Noche Obs	RED	PA	$T_{exp}$	M.Aire	Rendija	kpc
H43a	2006-03-06	G100	69.5	2700	1.26	1.5	1.12
H43b	2006-03-06	G100	69.5	2700	1.26	1.5	1.11
H43c	2006-03-08	G100+B100	176.1	3300+3600	1.40	1.5	1.09
H43d	2006-03-08	G100+B100	176.1	3300+3600	1.40	1.5	1.06
H44d	2006-03-06	G100	139.0	1.50	1.15	1.5	1.07
H47a	2005-03-18	G100	40.5	2700	1.12	1.5	1.06
H47b	2005-03-18	G100	40.5	2700	1.12	1.5	1.04
H47c	2005-03-18	G100	51.8	3600	1.09	1.5	1.05
H47d	2005-03-18	G100	51.8	3600	1.09	1.5	1.04
H51a	2005-03-17	G100	3.8	2700	1.05	1.5	1.13
H51b	2005-03-17	G100	168.8	3600	1.03	1.5	1.05
H51c	2005-03-17	G100	4.9	3600	1.11	1.5	1.14
H51d	2005-03-17	G100	4.9	3600	1.11	1.5	1.11
H51e	2005-03-17	G100	168.8	3600	1.03	1.5	1.13
H51f	2005-03-17	G100	3.8	2700	1.05	1.5	1.11
H52a	2005-03-18	G100	178.3	3600	1.07	2.0	1.43
	2006-03-08	B100	178.3	3300	1.04	2.0	1.43
H52b	2005-03-18	G100	66.0	3600	1.20	2.0	1.44
H52c	2005-03-18	G100	178.3	3600	1.07	2.0	1.39
	2006-03-08	B100	178.3	3300	1.04	2.0	1.39
H57b	2005-03-13	G100+B100	163.4	2700+2700	1.08	1.5	0.99
H57c	2005-03-13	G100+B100	163.4	2700+2700	1.08	1.5	1.00
H57e	2005-03-16	G100	168.3	3600	1.11	1.5	0.99
H57f	2005-03-16	G100	168.3	3600	1.11	1.5	1.06
H59b	2006-03-06	G100+B100	72.1	3400+2900	1.13	2.0	1.08
H59d	2006-03-06	G100+B100	72.1	3400+2900	1.13	2.0	1.06
H72b	2005-03-16	G100	131.1	3600	1.06	1.5	1.36
H72c	2005-03-17	G100	109.2	3600	1.06	1.5	1.44
H72d	2005-03-16	G100	131.1	3600	1.06	1.5	1.38
H72f	2005-03-17	G100	109.8	3600	1.06	1.5	1.54
H75c	2006-05-16	G100+B100	126.0	3600+3600	1.21	1.5	1.35
H75d	2006-05-16	G100+B100	126.0	3600+3600	1.21	1.5	1.36
H75e	2006-05-23	G100+B100	111.0	3600+3600	1.06	2.0	1.35
H75f	2006-05-23	G100+B100	111.0	3600+3600	1.06	2.0	1.44
H76a	2006-03-08	G100	135.1	2340	1.18	1.5	1.11
H76b	2006-03-08	G100	135.1	2340	1.18	1.5	1.10

Tabla 2.4: continuación

Id.	Noche Obs	RED	PA	$T_{exp}$	M.Aire	Rendija	kpc
H80b	2006-05-16	G100+B100	87.7	3600+3600	1.15	1.5	1.06
H80d	2006-05-16	G100+B100	87.7	3600+3600	1.15	1.5	1.00
H82a	2005-03-18	G100	98.3	2700	1.03	2.0	1.23
H82b	2005-03-18	G100	98.3	2700	1.03	2.0	1.15
H82c	2005-06-20	G100	29.0	2700	1.52	1.5	1.11
	2005-09-02	B100	29.0	3300	1.21	1.5	1.11
H82d	2005-06-20	G100	129.0	3600	1.18	1.5	1.29
H85a	2003-09-02	G100+B100	123.5	2700+3600	1.24	1.5	1.23
H85b	2003-09-02	G100+B100	123.5	2700+3600	1.24	1.5	1.34
H85c	2005-09-03	G100	138.0	4800	1.27	1.5	1.31
H85d	2005-09-03	G100	138.0	4800	1.27	1.5	1.31
H93a	2004-11-16	G100+B100	103.5	1800+2160	1.09	1.5	1.04
H93b	2004-11-17	G100+B100	155.0	1800+2400	1.06	1.5	1.03
H93c	2004-11-16	G100+B100	103.5	1800+2160	1.09	1.5	1.04
H93d	2004-11-18	G100+B100	171.0	2700+2700	1.06	2.0	1.04
H93e	2004-11-18	G100+B100	171.0	2700+2700	1.06	2.0	1.14
H95a	2004-11-14	G100+B100	82.0	2160+2520	1.21	1.5	1.31
H95c	2004-11-13	G100+B100	109.0	2700+2700	1.14	2.0	1.27
H96b	2005-09-01	G100+B100	115.3	3200+3600	1.23	1.5	1.11
H96c	2005-09-01	G100+B100	115.3	3200+3600	1.23	1.5	1.12
H99a	2004-11-19	G100+B100	172.0	2240+2700	1.03	1.5	1.12
H99b	2003-09-07	G100	266.6	2700	1.09	1.5	1.14
H99c	2003-09-07	G100	266.6	2700	1.09	1.5	1.06
H99d	2005-09-02	G100+B100	75.1	4800+4800	1.25	1.5	1.11
H99e	2005-09-02	G100+B100	75.1	4800+4800	1.25	1.5	0.99
H100a	2005-09-02	G100+B100	140.6	2340+2700	1.14	1.5	1.07
H100b	2005-09-03	G100	152.6	2700	1.11	1.5	1.06
H100c	2005-09-02	G100+B100	140.6	2340+2700	1.14	1.5	1.10
N1023	2004-11-18	G100+B100	36.2	900+900	1.01	1.5	1.00

NOTA:<sup>a</sup> En H34b se detectó una supernova (SN2004gc).

N1023 es una galaxia estándar.

Tabla 2.5: Galaxias observadas en el ORM

Id.	Noche Obs	Red	PA	$T_{exp}$	M.Aire	Rendija
H03a	2005-11-01	GR4	124.59	2400	1.30	1.0
H03b	2005-11-01	GR4	124.59	2400	1.30	1.0
H03c	2005-11-01	GR4	86.93	3000	1.24	1.0
H03d	2005-11-01	GR4	86.93	3000	1.24	1.0
H06a	2005-11-03	GR4	79.03	2700	1.28	1.0
H06b	2005-11-03	GR4	79.03	2700	1.28	1.0
H06c	2005-11-03	GR4	85.21	4200	1.41	1.0
H06d	2005-11-03	GR4	85.21	4200	1.41	1.0
H13a	2005-11-02	GR4	150.97	2700	1.30	1.0
H13b	2005-11-02	GR4	150.97	2700	1.30	1.0
H13c	2005-11-02	GR4	150.97	2700	1.30	1.0
H13d	2005-11-03	GR4	17.78	3900	1.29	1.0
H26a	1999-11-09	GR8	70.36	3600	1.46	1.2
H26b	1999-11-09	GR4	147.23	1200	1.62	1.2
H26c	1999-11-10	GR4	118.3	600	2.18	1.2
H26d	1999-11-09	GR4	147.23	1200	1.62	1.2
H26e	1999-09-05	GR4	46.49	2700	1.40	1.2
H26f	1999-11-10	GR4	118.30	900	2.18	1.2
H26g	1999-09-05	GR4	46.49	2700	1.40	1.2
H28a	2005-11-02	GR4	74.74	2700	1.30	1.0
H28b	2005-11-02	GR4	137.19	3000	1.30	1.0
H28c	2005-11-02	GR4	137.19	3000	1.30	1.0
H31G	2005-11-02	GR4	159.82	4500	1.24	1.0
H40c	2000-04-28	GR8	122.00	1800	1.48	1.2
H40d	2000-04-28	GR4+GR8	68.3	1200	1.79	1.2
H46a	2006-04-01	GR4	54.87	3000	1.16	1.2
H46b	2006-04-01	GR4	54.87	3000	1.16	1.2
H46c	2006-04-01	GR4	33.88	3000	1.04	1.2
H46d	2006-04-01	GR4	33.88	3000	1.04	1.2
H48a	2006-04-02	GR4	168.21	2700	1.95	1.2
H48b	2006-04-02	GR4	168.21	2700	1.95	1.2
H48c	2006-04-02	GR4	195.16	4200	1.78	1.2
H48d	2006-04-02	GR4	195.16	4200	1.78	1.2
H49a	2000-04-25	GR4	61.72	1800	1.29	1.2
H49b	2000-04-25	GR4	84.34	1800	1.53	1.2
H49c	2000-04-26	GR4	57.90	1800	1.43	1.2

Tabla 2.5: continuación

Id.	Noche Obs	Red	PA	$T_{exp}$	M.Aire	Rendija
H49d	2000-04-26	GR4	57.90	1800	1.43	1.2
H51f	2006-04-02	GR4	91.74	3300	1.42	1.2
H51g	2006-04-02	GR4	91.74	3300	1.42	1.2
H64a	2006-04-01	GR4	139.55	2700	1.34	1.2
H64b	2006-04-01	GR4	139.55	2700	1.34	1.2
H64c	2006-04-01	GR4	165.77	2700	1.21	1.2
H64d	2006-04-01	GR4	165.77	2700	1.21	1.2
H67c	2006-04-02	GR4	24.62	2700	1.24	1.2
H67d	2006-04-02	GR4	24.62	2700	1.24	1.2
H76b	2006-04-01	GR4	27.59	2700	1.08	1.2
H76c	2006-04-01	GR4	27.59	2700	1.08	1.2
H76d	2006-04-1+2	GR4	53.3	3000	1.09	1.2
H76e	2006-04-1+2	GR4	53.3	3000	1.09	1.2
H79b	2000-04-26	GR4	81.00	1800	1.04	1.2
H79c	2000-04-26	GR4	35.00	1800	1.08	1.2
H79d	2000-04-27	GR4	179.34	1800	1.03	1.2
H80b	2006-04-02	GR4	86.99	4800	1.24	1.2
H80d	2006-04-02	GR4	86.99	4800	1.24	1.2
H97d	2005-11-03	GR4	6.71	3200	1.37	1.0
H97e	2005-11-03	GR4	6.71	3200	1.37	1.0

NOTA:A todos los espectros se les extrajo una apertura correspondiente a 1kpc

Tabla 2.6: Galaxias observadas en SPM

Id.	Noche Obs	PA	$T_{exp}$	M. Aire	Rendija	kpc
H02a <sup>a</sup>	2004-09-17	84.83	2700	1.09	3.1	1.76
H02b <sup>a</sup>	2004-09-20	84.83	2700	1.09	3.1	2.07
H02c <sup>a</sup>	2004-09-20	84.83	2700	1.16	3.1	2.01
H14a <sup>a</sup>	2004-09-16	84.83	2700	1.27	3.1	3.02
H18d <sup>a</sup>	2004-09-17	84.83	2700	1.03	3.1	1.92
H20a <sup>a</sup>	2004-09-19	84.83	1800	1.06	3.1	5.90
H20c <sup>a</sup>	2004-09-20	84.83	2700	1.01	3.1	5.61
H38b	2004-03-05	90	2700	1.06	3.2	4.15
H41a <sup>a</sup>	2004-02-27	84.83	2700	1.01	3.2	3.27
H41c <sup>a</sup>	2004-02-28	84.83	2700	1.03	3.2	8.48
H41G <sup>a</sup>	2004-02-28	84.83	2700	1.05	3.2	5.21
H44a	2004-03-04	90	2700	1.01	3.2	0.79
H44b	2004-03-04	90	2700	1.05	3.2	0.84
H44c	2004-03-06	84.83	2700	1.02	2.6	0.70
H46a	2005-05-05	84.83	2700	1.03	2.6	3.62
H46b	2005-05-05	168	2700	1.08	2.6	3.49
H46c	2005-05-05	168	2700	1.08	2.6	2.95
H46d	2005-05-07	84.83	2700	1.03	2.6	3.14
H47a	2005-05-06	36	2700	1.06	2.6	3.90
H47b	2005-05-06	36	2700	1.06	2.6	3.86
H47c	2005-05-06	48	2700	1.12	2.6	4.20
H47d	2005-05-06	48	2700	1.12	2.6	3.02
H51a	2005-05-02	84.83	2700	1.01	2.6	4.60
H51b	2005-05-03	84.83	2700	1.01	2.6	3.61
H51c	2005-05-02	84.83	2700	1.09	2.6	4.23
H51d	2005-05-02	84.83	2700	1.03	2.6	2.91
H51e	2005-05-03	84.83	2700	1.02	2.6	3.14
H57a	2004-02-28	84.83	2700	1.02	3.2	7.70
H57b	2005-05-07	14	2700	1.02	2.6	3.98
H57c	2005-05-05	49	1800	1.09	2.6	4.31
H57d	2004-02-28	84.83	2700	1.02	3.2	5.18
H57e	2005-05-07	90	2700	1.07	2.6	3.54
H57f	2005-05-07	90	2700	1.18	2.6	3.74
H57g	2005-05-07	14	2700	1.02	2.6	3.83
H61a	2004-03-04	90	2700	1.00	3.2	2.18
H61c	2004-03-04	90	2700	1.04	3.2	3.49

Tabla 2.6: continuación

Id.	Noche Obs	PA	$T_{exp}$	M. Aire	Rendija	kpc
H61d	2004-03-06	84.83	2700	1.00	2.6	2.70
H69a	2004-02-28	84.83	2700	1.01	3.2	8.72
H69b	2004-02-27	84.83	2700	1.00	3.2	8.27
H69c	2004-02-27	84.83	2700	1.00	3.2	5.80
H69d	2004-02-28	84.83	2700	1.01	3.2	4.35
H70a <sup>a</sup>	2004-03-05	90	2700	1.01	2.6	3.91
H70b <sup>a</sup>	2004-03-05	90	2700	1.01	2.6	4.45
H70c <sup>a</sup>	2005-05-03	84.83	2700	1.01	2.6	3.40
H71a <sup>a</sup>	2004-02-29	84.83	2700	1.01	3.2	6.33
H71b <sup>a</sup>	2004-02-29	84.83	2700	1.02	3.2	3.80
H71c <sup>a</sup>	2004-03-03	84.83	2700	1.01	3.2	3.73
H72a	2005-05-06	158	2700	1.04	2.6	4.24
H72b	2005-05-06	158	2700	1.04	2.6	2.52
H72c	2005-05-06	158	2700	1.13	2.6	4.43
H72d	2005-05-06	158	2700	1.13	2.6	4.69
H75a	2005-05-03	23	2700	1.02	2.6	5.11
H75b	2005-05-03	23	2700	1.02	2.6	3.32
H75c	2005-05-03	94	2700	1.04	2.6	4.17
H75d	2005-05-07	90	2700	1.02	2.6	5.86
H75e	2005-05-03	94	2700	1.04	2.6	4.17
H75f	2005-05-03	23	2700	1.02	2.6	4.88
H80a	2004-03-04	90	2700	1.22	3.2	7.60
H81a <sup>a</sup>	2005-05-06	90	2700	1.12	2.6	5.98
H81b <sup>a</sup>	2005-05-07	34	2700	1.06	2.6	5.96
H81c <sup>a</sup>	2005-05-07	34	2700	1.06	2.6	5.11
H81d <sup>a</sup>	2005-05-06	90	2700	1.25	2.6	4.57
H82a	2005-05-02	84.83	2700	1.03	3.2	4.55
H82b	2005-05-04	86	2700	1.05	2.6	4.25
H82c	2005-05-04	84.83	2700	1.01	2.6	6.17
H82d	2005-05-04	84.83	2700	1.	2.6	4.76
H83a <sup>a</sup>	2005-05-07	90	2700	1.12	2.6	6.13
H83b <sup>a</sup>	2005-05-07	90	2700	1.21	2.6	6.47
H88a	2004-09-16	84.83	2700	1.26	3.1	3.07
H88d	2004-09-16	84.83	2700	1.27	3.1	3.68
H89c <sup>a</sup>	2004-09-16	84.83	2700	1.31	3.1	4.82
H89d <sup>a</sup>	2004-09-17	84.83	2700	1.22	3.1	7.21

Tabla 2.6: continuación

Id.	Noche Obs	PA	$T_{exp}$	M. Aire	Rendija	kpc
H92b	2004-09-17	84.83	2700	1.01	3.1	2.74
H92d	2004-09-19	84.83	2700	1.06	3.1	2.93
H92e	2004-09-19	84.83	2700	1.03	3.1	3.14
H97a	2004-09-16	84.83	2700	1.2	3.1	3.52
H97b	2004-09-20	84.83	2700	1.22	3.1	3.30
H97c	2004-09-20	84.83	2700	1.02	3.1	2.44
H99a	2004-09-19	84.83	2700	1	3.1	4.43
H99b	2004-09-19	84.83	2700	1.01	3.1	4.20
H99c	2004-09-19	84.83	2700	1.01	3.1	3.35

NOTA:<sup>a</sup> Galaxias que no pertenecen a la muestra completa.

Tabla 2.7: Galaxias observadas en OSN

Id.	Noche Obs	PA	$T_{exp}$	M. Aire	Rendija	kpc
H10b	2006-09-30	90.00	1800	1.08	2.0	0.91
H15a <sup>a</sup>	2005-11-30	90.00	3600	1.22	3.0	1.30
H23b	2005-11-01	90.00	3600	1.46	2.0	0.92
H23N <sup>b</sup>	2005-11-02	90.00	2700	1.60	2.0	0.81
H24a	2005-11-02	90.00	3600	1.50	2.0	1.73
H24b	2005-11-04	90.00	3600	1.53	2.5	1.71
H24c	2006-09-18	90.00	6000	1.53	2.0	1.74
H25a	2005-11-29	90.00	2700	1.30	2.0	1.18
H31G <sup>b</sup>	2005-11-01	90.00	3600	1.34	2.0	0.75
H31Q <sup>b</sup>	2005-11-02	90.00	3600	1.34	2.0	0.76
H31An <sup>b</sup>	2005-11-29	90.00	2700	1.38	2.0	0.74
H31N <sup>a</sup>	2005-11-30	90.00	2700	1.42	3.0	0.68
H35a <sup>a</sup>	2005-11-01	90.00	2700	1.07	2.0	2.98
H35b <sup>a</sup>	2005-11-29	90.00	1800	1.06	2.0	3.06
H40a	2006-11-20	160.00	3600	1.48	2.0	1.24
H40b	2006-11-20	160.00	3600	1.48	2.0	1.28
H43a	2006-03-24/25	90.00	6600	1.48	2.0	1.90
H43b	2006-03-25	90.00	4500	1.51	2.0	1.89
H43e	2007-04-16	90.00	7200	1.26	2.0	1.80
H46a	2006-03-28	90.00	3960	1.20	2.0	1.53
H51f	2006-03-24	90.00	3600	1.04	2.0	1.41

Tabla 2.7: continuación

Id.	Noche Obs	PA	$T_{exp}$	M. Aire	Rendija	kpc
H51g	2006-03-24	90.00	4500	1.06	2.0	1.41
H52b	2006-03-28	90.00	4500	1.05	2.0	2.44
H57a	2006-05-16	90.00	2700	1.13	2.0	3.26
H57f	2006-03-25	90.00	3960	1.05	2.0	1.79
H57h	2006-03-25	90.00	3600	1.05	2.0	1.73
H59a	2005-04-05	90.00	2700	1.15	2.0	0.77
H59b	2005-05-07	90.00	3660	1.10	2.5	0.73
H59c	2005-04-05	90.00	4500	1.10	2.0	0.81
H61a	2006-04-20	90.00	1800	1.03	2.0	0.71
H61c	2006-04-20	90.00	1620	1.09	2.0	0.74
H61d	2006-05-01	90.00	4800	1.01	2.0	0.74
H62b	2006-04-30	90.00	2700	1.48	2.0	0.68
H68d	2005-05-06	90.00	2700	1.00	2.5	0.45
H68e	2005-05-06	90.00	2700	1.01	2.5	0.45
H69a	2006-05-07	90.00	6000	1.05	2.0	1.66
H69c	2006-05-07	90.00	6000	1.05	2.0	1.60
H72a	2005-05-06	90.00	2700	1.12	2.5	2.34
H75a	2005-04-05	90.00	3600	1.11	2.0	2.34
H75b	2005-04-05	90.00	3960	1.04	2.0	2.29
H75c	2006-05-16	90.00	5280	1.05	2.0	2.30
H76a	2006-03-24	90.00	4500	1.19	2.0	1.88
H76b	2006-03-27	90.00	3600	1.16	2.0	1.87
H76c	2006-03-25/27	90.00	3960	1.24	2.0	1.99
H76d	2006-04-20	90.00	3000	1.15	2.0	1.90
H76f	2007-04-17	90.00	6000	1.16	2.0	1.91
H80a	2005-05-06/07	65.00	5280	1.17	2.5	1.68
H80b	2005-05-07	86.80	6000	1.20	2.5	1.79
H80c	2005-05-13	71.50	5280	1.13	2.5	1.79
H80d	2006-05-01	90.00	6000	1.16	2.0	1.70
H85a	2006-09-18	90.00	4800	1.27	2.0	2.09
H85b	2006-09-20	90.00	2400	1.25	2.0	2.27
H85c	2006-09-23	90.00	7200	1.26	2.0	2.23
H85d	2006-09-30	90.00	7200	1.26	2.0	2.23
H92N <sup>b</sup>	2006-09-20	90.00	7200	1.01	2.0	1.25
H94a	2004-09-23	90.00	2700	1.34	2.0	2.25
H94b	2006-10-01	90.00	3600	1.34	2.0	2.24

Tabla 2.7: continuación

Id.	Noche Obs	PA	$T_{exp}$	M. Aire	Rendija	kpc
H94c	2006-10-01	90.00	4800	1.13	2.0	2.27
H94f	2005-09-08	90.00	7500	1.32	2.0	2.42
H95a	2006-09-20	90.00	3600	1.39	2.5	2.22
H95d	2006-09-23	90.00	6000	1.13	2.0	2.31
H97a	2006-09-30	90.00	3600	1.29	2.0	1.29
H97c	2005-11-01	90.00	3600	1.39	2.0	1.12
H97d	2005-09-08	90.00	3600	1.29	2.0	1.17
H97e	2005-11-02	90.00	5400	1.30	2.0	1.23
H97-2 <sup>b</sup>	2005-11-04	90.00	3600	1.33	2.5	1.26
H98a	2006-10-01	90.00	1800	1.25	2.0	1.47
H98c	2006-09-18	90.00	4800	1.29	2.0	1.52
H99b	2006-09-30	90.00	3600	1.04	2.0	1.65
H99c	2006-11-20	86.60	4500	1.15	2.0	1.54
H100b	2005-11-04	0.00	3600	1.10	2.5	0.98
H100d	2006-09-18	90.00	3600	1.11	2.0	1.05

NOTA: <sup>a</sup> Galaxias que no pertenecen a la muestra completa. <sup>b</sup> Galaxias pertenecientes al grupo pero que no estaban en la muestra original de Hickson (1982)

Tabla 2.8: Galaxias de la muestra completa de HCGs

Id	Morf	T	Vr	Incl	Btc	$M_B$	Obs	Emi
H01a	Sc	4.6	10244.4	67.48	14.062	-21.768	C	Si
H01b	E-SO	-2.9	10249.8	-	15.285	-20.564	C	No
H01c	S0	-2.3	10056	-	15.593	-20.214	C	Si
H01d	S0	-1.5	10120	70.9	16.667	-19.155	C	Si
H03a	Sbc	4.3	7302	76.51	14.437	-20.635	N	Si
H03b	S0-a	-0.9	7860	79.09	15.342	-19.89	N	Si
H03d	S0	-1.9	7804	90.00	15.550	-19.667	N	No
H04a	SBc	5.0	8029.2	33.04	13.459	-21.802	B <sup>a</sup>	Si
H04b	SBb	3.0	7065	75.85	14.803	-20.176	A	Si
H04d	E-SO	-2.7	8215	-	15.580	-19.732	A	Si
H05a	Sab	2.0	12155.5	37.25	14.560	-21.642	C	Si
H05b	E	-3.8	12260	-	15.390	-20.803	C	No
H05c	S0	-2.2	12514.5	-	16.239	-20.023	C	No
H05d	Sa	0.6	12401	77.65	16.778	-19.464	C	Si
H06a	S0-a	-0.9	11710.8	57.05	15.415	-20.689	N	No
H06b	Sa	0.9	11377	51.92	15.581	-20.46	N	Si
H06c	E-SO	-2.8	10967	-	15.339	-20.621	N	No
H06d	Sbc	3.6	11434	62.87	17.060	-18.991	N	Si
H07a	SBa	1	4199.2	75.62	12.956	-20.923	C	Si
H07b	S0	-1.8	4233.9	54.24	14.293	-19.599	C	No
H07c	Sc	5.0	4411.3	40.45	13.354	-20.624	C	Si
H07d	S0-a	-1.2	4139.4	44.41	14.036	-19.792	C	Si
H10a	Sb	3.1	5192.4	79.97	12.238	-22.162	C	Si
H10b	E-SO	-3.2	4792	-	12.846	-21.386	O	No
H10c	S0-a	0.1	4596.7	90.00	14.373	-19.787	C	Si
H10d	Sb	2.8	4650	90.00	14.544	-19.628	C	Si
H13a	SBb	2.6	12469	72.95	14.706	-21.532	N	Si
H13b	S0	-2.4	12408.7	-	15.304	-20.924	N	Si
H13c	S0-a	-0.2	12240	90.00	16.168	-20.03	N	Si
H13d	S0-a	-0.2	12209	44.14	17.418	-18.774	N	No
H13e	S0-a	-0.1	12593	45.42	17.261	-18.999	-	-
H16a	Sab	2.0	4050.5	34.83	12.911	-20.753	B <sup>a</sup>	Si
H16b	Sa	1.0	3841.5	75.17	13.212	-20.422	B <sup>a</sup>	Si
H16c	S0-a	-0.9	3850	50.14	13.370	-20.269	B <sup>a</sup>	Si
H16d	S0-a	-1.2	3862.1	90.00	13.804	-19.846	B <sup>a</sup>	Si

Tabla 2.8: continuación

Id	Morf	T	Vr	Incl	Btc	$M_B$	Obs	Emi
H21a	SBb	3.2	7616.4	80.27	13.176	-21.949	B <sup>b</sup>	Si
H21b	Sa	1.2	7525	69.43	13.523	-21.59	B <sup>b</sup>	Si
H21c	E-SO	-3.0	7453	-	13.468	-21.623	B <sup>b</sup>	Si
H21d	E	-4.5	8835	-	15.262	-20.206	A	No
H21e	Sa	0.9	8824.4	36.39	15.791	-19.674	-	-
H22a	E	-4.6	2682.4	-	12.113	-20.681	B <sup>a</sup>	Si
H22b	S0-a	-1.4	2625	90.00	14.900	-17.845	B <sup>a</sup>	No
H22c	Sd	7.8	2728	90.00	13.303	-19.531	B <sup>a</sup>	Si
H23a	S0-a	-0.8	4868	90.00	14.468	-19.689	B <sup>a</sup>	Si
H23b	Sab	1.7	4806	46.61	14.296	-19.843	O	Si
H23c	S0-a	-0.8	4995.5	90.00	15.321	-18.893	B <sup>a</sup>	Si
H23d	Sc	5.9	4452	42.84	15.705	-18.253	B <sup>a</sup>	Si
H23N	S0-a	0.1	4356	62.40	12.800	-21.120	O	Si
H24a	S0-a	-0.5	9248	25.68	15.226	-20.348	O	No
H24b	SBa	0.7	9137	49.84	14.859	-20.689	O	Si
H24c	S0-a	-0.3	9283	57.13	16.484	-19.098	O	No
H24d	Sa	1.1	8779	63.36	17.197	-18.263	-	-
H24e	E	-3.7	9323	-	17.454	-18.138	-	-
H26a	Sc	5.2	9332	90.00	15.392	-20.2	N	Si
H26b	E	-4.2	9332	-	15.941	-19.65	N	Si
H26c	S0	-1.5	9618	90.00	17.159	-18.498	N	No
H26d	E-SO	-2.7	9133	-	15.683	-19.861	N	No
H26e	I	10.0	9623	76.5	17.145	-18.514	N	Si
H26f	E	-5.0	9626	-	18.544	-17.115	N	Si
H26g	S0	-2.0	9293	90.00	17.193	-18.389	N	Si
H28a	Sb	3.0	11294	90.00	14.837	-21.175	N	No
H28b	S0	-1.9	11402	81.09	15.351	-20.683	N	Si
H28c	S0	-1.9	11332	71.05	15.918	-20.102	N	No
H30a	S0-a	-0.8	4698	37.67	13.333	-20.754	C	No
H30b	S0-a	-1.1	4625	58.26	13.899	-20.154	C	Si
H30c	SBbc	3.6	4508	45.93	15.236	-18.76	C	Si
H30d	S0-a	-0.6	4666	54.83	15.942	-18.131	C	No
H31a	Sm	8.9	3938.7	70.71	14.761	-18.97	C	Si
H31b	Scd	6.8	4128.8	61.64	14.436	-19.36	C	Si
H31c	Sd	7.7	4027	90.00	12.288	-21.453	C	Si
H31G	Im	9.7	4012	35.70	15.120	-18.610	NO	Si

Tabla 2.8: continuación

Id	Morf	T	Vr	Incl	Btc	$M_B$	Obs	Emi
H31Q	Sc	6.0	4090	-	-	-	O	Si
H31-AN505	S	5.2	3960	49.70	14.48	-19.210	O	Si
H32a	E-SO	-3.0	12547	-	13.806	-22.434	A	No
H32b	S0-a	-1.0	12125	70.29	15.357	-20.808	A	No
H32c	Sa	1.2	11984	41.01	15.997	-20.141	-	-
H32d	S0-a	-0.4	12313	68.54	16.715	-19.483	A	No
H33a	E	-3.9	7570	-	14.384	-20.787	C	Si
H33b	E-SO	-2.8	8006	-	14.553	-20.74	C	No
H33c	Sc	5.5	7815.5	79.79	15.336	-19.893	C	Si
H33d	E-SO	-3.1	7767	-	15.879	-19.348	C	No
H34a	E-SO	-3.2	8999.6	-	13.609	-21.924	C	Si
H34b	E-SO	-2.8	9391	-	16.558	-19.069	C	Si
H34c	SBc	5.9	9392	60.56	15.989	-19.637	C	Si
H34d	S0-a	-0.2	8817	55.97	17.386	-18.102	C	No
H37a	E	-4.8	6798.2	-	13.313	-21.657	B <sup>c</sup>	Si
H37b	Sb	3.3	6711.6	90.00	13.785	-21.157	B <sup>c</sup>	Si
H37c	S0-a	-0.9	7350.7	54.17	15.557	-19.58	C	Si
H37d	S?	2.9	6207	35.86	15.817	-99.99	B <sup>c</sup>	Si
H37e	E-SO	-3.0	6395.7	-	16.074	-18.766	C	Si
H38a	Sab	1.9	8760	90.00	15.045	-20.448	C	Si
H38b	SBb	3.2	8643.3	43.89	14.854	-20.61	CS	Si
H38c	S?	2.0	8692.8	20.19	15.693	-19.783	C	Si
H40a	E	-4.8	6621.3	-	13.375	-21.485	O	No
H40b	E-SO	-3.0	6828.1	-	14.625	-20.303	O	No
H40c	SBb	3.1	6398	90.00	14.515	-20.27	N	Si
H40d	S0-a	0.0	6570	90.00	14.523	-20.32	N	Si
H40e	SABa	1.3	6440	80.47	16.645	-18.155	C	Si
H42a	E	-4.7	3809	-	11.886	-21.723	B <sup>a</sup>	Si
H42b	S0	-1.9	4198	32.97	14.121	-19.706	B <sup>a</sup>	No
H42c	E	-4.1	4016.1	-	14.006	-19.722	B <sup>a</sup>	No
H42d	E-SO	-2.8	4076	-	15.949	-17.812	B <sup>d</sup>	No
H43a	Sab	2.4	10143	72.22	15.023	-20.778	CO	Si
H43b	SBc	4.5	10067.9	86.36	14.847	-20.938	CO	Si
H43c	S0-a	-0.5	9917.6	69.48	15.785	-19.966	C	No
H43d	Sc	4.9	9628.1	26.05	16.909	-18.779	C	Si
H44a	Sa	0.9	1291.9	90.00	11.397	-20.102	S	Si

Tabla 2.8: continuación

Id	Morf	T	Vr	Incl	Btc	$M_B$	Obs	Emi
H44b	E	-4.8	1393.7	-	11.859	-19.735	S	No
H44c	Sa	1.1	1231.2	60.27	12.575	-18.806	S	Si
H44d	SBc	5.0	1582.1	75.39	12.816	-19.069	C	Si
H46a	S0	-2.4	8201	-	16.180	-19.182	SNO	Si
H46b	S0	-1.6	8571	52.88	16.262	-19.195	SN	Si
H46c	E	-3.8	7909.4	-	16.205	-19.079	SN	Si
H46d	S0-a	-1.0	7703	63.88	16.200	-19.028	SN	No
H47a	SBb	2.8	9571	66.65	14.373	-21.318	CS	Si
H47b	E-SO	-3.0	9499.6	-	15.592	-20.083	CS	Si
H47c	Sc	4.7	9546.3	29.20	16.612	-19.073	CS	Si
H47d	Sc	6.3	9481.6	32.22	16.250	-19.421	CS	Si
H48a	E	-3.9	2996.6	-	12.574	-20.48	N	No
H48b	S?	1.8	2459	29.46	14.516	-18.094	N	Si
H48c	S0-a	0.1	4378.1	63.08	15.905	-18.006	N	No
H48d	E?	-1.7	4362.5	38.75	16.547	-17.356	N	No
H49a	Sc	4.5	9937.4	43.39	15.838	-19.978	N	Si
H49b	Sc	6.2	9930.8	59.05	16.295	-19.52	N	Si
H49c	Sd	7.7	9926	45.19	17.429	-18.385	N	Si
H49d	E-SO	-3.3	10010	-	17.062	-18.77	N	Si
H51a	E	-4.8	7626	-	13.971	-21.249	CS	No
H51b	SBbc	3.6	8205.9	61.46	15.005	-20.372	CS	Si
H51c	E-SO	-2.6	8902	-	14.374	-21.177	CS	Si
H51d	Sab	1.8	7529	21.24	15.448	-19.744	CS	Si
H51e	E	-3.7	7700	-	14.906	-20.334	CS	Si
H51f	S0	-1.9	7532	87.76	15.031	-20.163	CSNO	No
H51g	E	-5.0	7532	-	15.967	-19.226	NO	No
H52a	Sbc	4.1	12979	48.30	14.960	-21.399	C	No
H52b	Sc	4.9	13040	88.03	15.253	-21.116	CO	Si
H52c	Sc	5.2	12630	64.03	15.737	-20.563	C	Si
H54a	S?	3.6	1386.4	64.03	13.502	-18.183	B <sup>c</sup>	Si
H54b	Sd	7.7	1412	55.68	15.876	-15.805	B <sup>c</sup>	Si
H54c	Sd	7.7	1420	27.30	17.005	-14.688	B <sup>c</sup>	Si
H54d	Sd	7.7	1670	82.81	17.921	-14.101	B <sup>c</sup>	Si
H56a	Sbc	4.4	8223.6	90.00	14.884	-20.526	B <sup>c</sup>	Si
H56b	S0-a	-0.6	7922.8	90.00	14.783	-20.607	B <sup>c</sup>	Si
H56c	S0	-1.9	8110	49.39	15.610	-19.77	B <sup>c</sup>	No

Tabla 2.8: continuación

Id	Morf	T	Vr	Incl	Btc	$M_B$	Obs	Emi
H56d	S0	-1.9	8346	64.37	16.677	-18.764	B <sup>c</sup>	Si
H56e	S0	-2.3	7976.3	-	16.214	-19.131	B <sup>c</sup>	Si
H57a	Sab	2.2	8850	90.00	13.680	-21.858	SO	Si
H57b	Sab	2.3	8850	66.64	14.333	-21.234	CS	Si
H57c	E-SO	-3.2	9073.9	-	14.637	-20.954	CS	No
H57d	SBb	3.4	8978.9	36.59	14.675	-20.893	S	Si
H57e	S0	-1.8	8800	90.00	15.490	-20.035	CS	Si
H57f	E-SO	-3.0	9593.5	-	14.725	-20.985	CSO	No
H57g	E-SO	-2.8	9415.3	-	15.890	-19.78	S	No
H57h	SBa	0.5	9240	38.13	16.681	-18.949	O	Si
H59a	S0-a	-1.4	4110	42.24	14.581	-19.303	O	Si
H59b	E	-3.7	4004	-	15.344	-18.476	CO	Si
H59c	Sc	4.7	4397.9	73.34	14.847	-19.177	O	Si
H59d	Scd	6.7	4087	51.19	15.641	-18.105	C	Si
H61a	S0	-1.9	3779.3	78.61	13.007	-20.76	SO	Si
H61c	Sb	3.2	3956	90.00	13.147	-20.687	SO	Si
H61d	S0-a	-0.3	3974.5	75.06	14.112	-19.665	SO	No
H62a	S0-a	-1.5	4259	45.53	13.195	-20.722	B <sup>a</sup>	Si
H62b	S0	-2.0	3561	71.73	13.752	-19.776	O	No
H62c	Sab	1.5	4444	72.37	14.188	-19.822	B <sup>a</sup>	No
H62d	E-SO	-3.0	4123	-	15.720	-18.126	B <sup>d</sup>	No
H63b	SBc	4.9	9345.9	40.13	13.708	-21.892	-	-
H63c	SBc	4.8	9460	41.25	14.906	-20.721	-	-
H63d	Sc	5.2	9141	60.24	16.486	-19.099	-	-
H64a	SBbc	4.5	10596	90.00	14.046	-21.86	N	Si
H64b	Sc	5.5	10723	78.42	15.245	-20.687	N	Si
H64d	S0-a	-0.6	10695.1	63.65	17.252	-18.674	N	No
H67a	S0	-2.3	7213.9	-	12.836	-22.236	B <sup>c</sup>	No
H67b	Sb	3.2	7623.8	90.00	14.047	-21.139	B <sup>c</sup>	Si
H67c	Sc	5.3	7430	63.47	14.926	-20.209	N	Si
H67d	S0	-1.9	7071	68.80	15.484	-19.543	N	Si
H68a	S0	-2.1	2164.4	-	11.908	-20.821	B <sup>c</sup>	No
H68b	S0	-2.1	2576	-	12.252	-20.604	B <sup>c</sup>	Si
H68c	Sbc	3.6	2318.6	54.07	11.888	-20.919	B <sup>c</sup>	Si
H68d	S0	-2.1	2346.3	-	13.955	-18.857	O	Si
H68e	S0-a	-0.2	2415	90.00	14.390	-18.494	O	No

Tabla 2.8: continuación

Id	Morf	T	Vr	Incl	Btc	$M_B$	Obs	Emi
H69a	Sc	4.9	8838.7	72.29	14.931	-20.607	SO	Si
H69b	E	-4.1	8711.5	-	15.725	-19.793	S	Si
H69c	E-SO	-2.5	8546	-	15.470	-20.007	SO	No
H69d	S0-a	-0.6	8859.5	58.49	16.198	-19.355	S	No
H72a	S0-a	-0.5	12506	90.00	15.509	-20.778	CSO	No
H72b	S0-a	-1.1	12356	90.00	15.636	-20.626	CS	No
H72c	E-SO	-3.1	13079.3	-	15.451	-20.932	CS	No
H72d	S0	-1.9	12558	42.39	15.771	-20.525	CS	No
H72f	S0	-2.0	13950	61.38	17.946	-18.576	C	No
H74a	E	-3.5	12254.5	-	14.005	-22.242	B <sup>c</sup>	No
H74b	E	-3.8	12110	-	15.010	-21.211	B <sup>c</sup>	No
H74c	E-SO	-2.6	12266	-	15.896	-20.352	B <sup>c</sup>	No
H74d	E?	-2.0	11681	49.28	16.039	-20.104	B <sup>c</sup>	No
H74e	S0-a	-0.6	11489	58.94	17.655	-18.453	-	-
H75a	S?	3.1	12538	21.81	14.685	-21.581	SO	No
H75b	Sb	2.9	12228	90.00	14.524	-21.74	SO	Si
H75c	S0-a	-0.3	12292	53.39	15.986	-20.267	CSO	Si
H75d	Sc	6.1	12334	60.32	15.656	-20.604	CS	Si
H75e	S0-a	0.5	12300	69.71	16.277	-19.978	CS	No
H75f	E-SO	-2.8	13080	-	16.548	-19.839	CS	No
H76a	Sb	2.9	10074.3	90.00	14.822	-20.993	CO	No
H76b	E-SO	-3.0	10009.2	-	14.578	-21.223	CNO	Si
H76c	E	-3.8	10663	-	14.939	-20.998	NO	No
H76d	E	-3.5	10150	-	15.454	-20.377	NO	No
H76e	S0-a	-0.2	10328	32.61	16.664	-19.205	N	No
H76f	Sc	6.0	10216	50.38	16.436	-19.409	O	Si
H76g	S?	2.1	9843	90.00	16.473	-19.292	-	-
H79a	S0-a	0.4	4172.3	20.33	14.517	-19.45	B <sup>c</sup>	Si
H79b	S0-a	-1.2	4095	90.00	14.091	-19.837	N	Si
H79c	S0-a	-1.5	4415.8	61.00	14.973	-19.112	N	No
H79d	SBc	5.1	4567	77.72	15.404	-18.751	N	Si
H80a	Sc	5.8	8961.4	77.44	14.433	-21.172	SO	Si
H80b	Sab	1.6	9584	44.12	15.980	-19.768	CNO	Si
H80c	Sd	8.4	9550	46.21	15.773	-19.967	O	Si
H80d	Sd	7.7	9108	61.40	16.509	-19.131	CNO	Si
H82a	S0	-2.1	11172.2	-	14.369	-21.69	CS	No

Tabla 2.8: continuación

Id	Morf	T	Vr	Incl	Btc	$M_B$	Obs	Emi
H82b	S0	-1.7	10424.2	54.86	15.006	-20.905	CS	Si
H82c	Sc	6.4	10095	71.05	14.714	-21.129	CS	Si
H82d	Sa	1.0	11685	72.27	16.145	-20.009	C	No
H85a	E	-3.6	11162.2	-	14.953	-21.117	CO	No
H85b	E	-3.6	12122	-	15.440	-20.805	CO	Si
H85c	S0	-2.2	11912	-	16.948	-19.259	CO	No
H85d	E?	-2.0	11900	46.96	16.903	-19.302	CO	No
H86a	E-SO	-2.7	6062	-	13.600	-21.055	B <sup>a</sup>	Si
H86b	E-SO	-3.2	5844.8	-	14.117	-20.458	B <sup>a</sup>	Si
H86c	S0-a	-0.6	5306.1	50.62	15.173	-19.189	B <sup>a</sup>	Si
H86d	S0-a	-1.1	6001.9	76.71	15.007	-19.627	B <sup>a</sup>	No
H87a	S0-a	-1.2	8694	90.00	14.764	-20.694	B <sup>a</sup>	Si
H87b	E-SO	-2.6	8972	-	14.994	-20.533	B <sup>a</sup>	Si
H87c	Sc	4.9	8897.6	72.64	14.928	-20.58	B <sup>a</sup>	Si
H88a	Sb	2.7	5973.2	73.65	13.116	-21.547	S	Si
H88b	Sa	1.2	6010	44.45	13.581	-21.093	B <sup>c</sup>	Si
H88c	SABb	4.1	5992.8	27.52	14.343	-20.328	B <sup>c</sup>	Si
H88d	Sc	4.7	6107.5	82.32	14.452	-20.259	S	Si
H90a	Sa	1.1	2578.2	52.35	12.531	-20.189	B <sup>a</sup>	Si
H90b	E	-4.6	2528.5	-	12.250	-20.426	B <sup>a</sup>	Si
H90c	E	-4.2	2613.4	-	12.752	-19.999	B <sup>a</sup>	No
H90d	Sab	2.5	2776.7	30.73	13.738	-19.151	B <sup>a</sup>	Si
H91a	Sbc	4.4	6815	47.28	12.852	-22.146	A	Si
H91b	Sbc	4.4	7208.4	90.00	14.358	-20.672	A	Si
H91c	Sc	5.0	7293.1	23.27	14.993	-20.034	-	-
H91d	S0-a	-0.7	7195	53.47	15.104	-19.922	-	-
H92b	SBbc	4.0	5767.8	58.45	13.179	-21.463	S	No
H92c	Sbc	3.9	6764	53.31	13.304	-21.637	B <sup>e</sup>	Si
H92d	E	-4.7	6630	-	13.878	-21.058	S	No
H92e	E	-4.5	6607.9	-	14.188	-20.741	S	No
H92N	SO/a	0.0	6000	-99.99	16.220	-18.50	O	Si
H93a	E-SO	-3.1	5077.7	-	12.470	-21.871	C	Si
H93b	Sc	5.8	4695.7	68.44	12.708	-21.461	C	Si
H93c	Sa	0.9	5088	79.03	13.708	-20.512	C	Si
H93d	E	-4.5	5173	-	14.963	-19.418	C	No
H94a	E	-4.8	12053.7	-	14.356	-21.838	O	No

Tabla 2.8: continuación

Id	Morf	T	Vr	Incl	Btc	$M_B$	Obs	Emi
H94b	S0	-2.2	12068	-	14.474	-21.709	O	No
H94c	S0-a	-0.7	12120	79.73	15.700	-20.507	O	No
H94d	S0	-2.4	13023.3	-	15.836	-20.526	B <sup>c</sup>	No
H94e	Sc	5.8	12250	66.23	16.863	-19.367	-	-
H94f	S0	-2.3	13038	-	17.711	-18.654	O	No
H94g	S0	-2.3	13200	-	17.926	-18.465	-	-
H95a	E	-3.6	11912.8	-	14.505	-21.657	CO	No
H95c	Sc	6.5	11637	64.48	15.364	-20.747	C	Si
H95d	Sbc	4.2	12350	84.79	15.894	-20.347	O	Si
H96a	SBbc	3.8	8699.4	26.68	13.575	-21.942	B <sup>f</sup>	Si
H96b	E-SO	-3.0	8619.2	-	15.401	-20.06	C	No
H96c	Scd	7.2	8664	53.48	13.550	-21.922	C	Si
H96d	Sd	7.7	8975	68.64	16.510	-19.038	B <sup>g</sup>	Si
H97a	E-SO	-3.0	6910	-	13.782	-21.182	SO	No
H97b	Sc	5.3	6832.9	84.04	14.431	-20.55	S	Si
H97c	S0-a	-0.1	5995	65.96	14.652	-20.002	SO	No
H97d	E-SO	-3.2	6239	-	14.406	-20.335	NO	No
H97e	S0-a	-1.5	6579	52.95	16.417	-18.440	NO	No
H97-2	SO	-2.2	6757	-	14.29	-20.630	O	No
H98a	S0-a	-1.5	7851.6	81.59	13.718	-21.527	O	No
H98b	E-SO	-2.9	7948.4	-	14.722	-20.55	B <sup>c</sup>	No
H98c	E	-3.6	8145	-	15.996	-19.329	O	No
H99a	Sab	1.9	8705	81.79	13.922	-21.581	CS	No
H99b	E	-4	8764	-	14.232	-21.285	CSO	No
H99c	SBa	1.0	8157	47.64	15.147	-20.314	CSO	Si
H99d	S0-a	0.0	8643	56.11	16.781	-18.707	C	No
H99e	S0-a	-1.2	9007	47.20	17.314	-18.262	C	No
H100a	S0-a	0.0	5366	60.42	13.555	-20.878	C	Si
H100b	Sc	5.6	5254.6	47.08	14.624	-19.771	CO	Si
H100c	SBbc	4.3	5461	70.15	14.850	-19.629	C	Si
H100d	Sc	4.9	5590	71.89	15.663	-18.866	O	Si

NOTA: A: Archivo, B: Bibliografía, C: CAHA, N: ORM, O: OSN, S: SPM.

<sup>a</sup>Coziol et al. (1998), <sup>b</sup>Coziol et al. (2000), <sup>c</sup>Coziol et al. (2004), <sup>d</sup>de Carvalho et al. (1997), <sup>e</sup>Shimada et al. (2000), <sup>f</sup>Hatfield & Osterbrock (1980), <sup>g</sup>Verdes-Montenegro et al. (1997)

## 2.2. Grupos Compactos del UZC

Como ya hemos mencionado, el catálogo de HCGs se obtuvo inicialmente de forma visual, atendiendo sólo a su distribución espacial bidimensional y posteriormente cuando se calculó el *redshift* de las galaxias se vio que ocho grupos eran en realidad proyecciones en el cielo. Basado en las ideas establecidas por Hickson sobre grupos compactos pero evitando el posible sesgo por no conocer el  $z$  de las galaxias, se realizó una búsqueda por identificación automática usando catálogos en 3D, esto es, posición  $(\alpha, \delta)$  y la componente radial de velocidad  $cz$ . El catálogo UZC de Falco et al. (1999) contiene el *redshift* para casi 20000 galaxias, del hemisferio norte, más brillantes que  $m_B=15.5$ . Focardi & Kelm (2002) construyeron un catálogo de grupos compactos usando el catálogo UZC y un algoritmo basado en el método de “Friend of Friends” de Huchra et al. (1982), que explicaremos a continuación y cuyo único criterio es la compacidad. El algoritmo busca galaxias vecinas en un espacio 3D dentro de un radio de  $\delta r=200$  kpc y con una diferencia en velocidad menor de  $\delta v=1000$  km/s. Cuando una galaxia tiene al menos dos vecinos, se traza el centro geométrico del triplete y se busca otro vecino que cumpla la condiciones de  $\delta r$  y  $\delta v$ . Si existe se vuelve a calcular el centro y se busca otro vecino y así sucesivamente. Se desechan grupos asimétricos y grupos que estén a menos de un radio de Abell del centro de los cúmulos de Abell, Corwin y Ollowing también llamado ACO (Para más información ver Focardi & Kelm 2002). Además de los miembros del grupos se buscan también los de su entorno más cercano, para cada grupos se busca el número de vecinos en  $1\text{Mpc}_{H_0=100}$  con una diferencia de velocidad menor de  $1000\text{km/s}$ , así podremos saber como de aislados están estos sistemas. En este caso, a diferencia del catálogo de HCGs, no se excluyen los tripletes puesto que aquí se minimiza el efecto de proyección.

Aplicando estos criterios al UZC, Focardi & Kelm (2002) obtuvieron el catálogo de CG con 291 grupos y un total de 986 galaxias.

Las propiedades generales de estos grupos se hayan descritas en (Focardi & Kelm 2002; Kelm et al. 2004a; Kelm & Focardi 2004b) y se resumen en:

- . el 76 % de ellos son Tripletes, un porcentaje que supera con creces el de la muestra de HCG y también la muestra de grupos compactos del sur (SCG). Las posibles implicaciones de esta selección las mostramos en el capítulo 6.
- . Más del 95 % de los grupos tienen  $\sigma < 500\text{km s}^{-1}$ . Se confirma la relación morfología-dispersión de velocidades encontrada para los HCGs, sobre todo en los tripletes lo que indica que los tripletes son estructuras reales.
- . Comparado con las galaxias del catálogo HCG, el porcentaje de galaxias de tipo temprano en esta muestra es igual que en el catálogo de HCGs, y por tanto mucho mayor que en galaxias de campo.

- . La multiplicidad está intrínsecamente ligada a las propiedades de los grupos compactos así como la dispersión de velocidades, el entorno a gran escala y las características espectrales de las galaxias. Los tripletes están más aislados que los multipletes y muestran menor dispersión de velocidades y mayor densidad de galaxias que los multipletes.

No existe un estudio previo exhaustivo sobre la presencia de AGNs en estos grupos. Hasta el momento sólo existía la clasificación inicial de Falco et al. (1999) donde se identifican únicamente las galaxias con cualquier emisión:

E, si tenían rasgos de alguna línea en emisión,

A, si sólo se apreciaban absorciones o

B si los espectros mostraba tanto emisiones como absorciones,

sin hacer ningún tipo de clasificación espectral nuclear en base a medidas de líneas. En Kelm et al. (2004a) se realizó una comparación con algunas publicaciones existentes de objetos Seyfert o AGNs como la lista de Carrillo et al. (1999) para AGNs con baja luminosidad y la de Véron-Cetty & Véron (2001); también buscaron se existía clasificación en NED pero no pudieron realizar un estudio amplio, ya que no disponían de los espectros ni tenían completitud ni base estadística.

### 2.2.1. Selección de la muestra completa de UZC-CG y datos de Archivo

Para llevar a cabo el análisis planteado en la tesis sobre el tipo de actividad nuclear presente en las galaxias del catálogo UZC-CG y de las posibles relaciones que puedan existir entre la presencia de actividad, su tipo y las propiedades tanto de la galaxia albergadora como del grupo en que esté inmersa, es necesario tener espectros de todas las galaxias miembro de cada grupo.

Para ello se llevó a cabo la búsqueda de datos disponibles en catálogos espectroscópicos existentes en la red para las galaxias de estos grupos compactos; usando finalmente tres bases de datos que contenían espectros ópticos de resolución intermedia.:

- . Archivo del espectrógrafo Z-Machine,
- . Mapeo digital de Sloan, más concretamente la cuarta publicación de datos DR4, que denominaremos a partir de ahora como SDSS-DR4,
- . Archivo del espectrógrafo FAST.

El archivo del espectrógrafo Z-Machine contiene datos de un detector Reticon, contador de fotones de dos canales, situado en el telescopio de Tillinghast de 152cm que se encuentra en el observatorio de Monte Hopkins (Arizona, USA). Los espectros fueron obtenidos con fibras de 3.2 segundos de arco y a través de una red de 600l/mm que da una resolución espectral de 4.8Å. No están calibrados en flujo ni corregidos de la respuesta instrumental.

En este archivo encontramos espectros para 640 galaxias que cubren el rango visible (4300Å-6900Å), dos espectros que cubren el rango rojo (5500Å- 7000Å) y 14 espectros que cubren el rango azul (3500Å- 5500Å). Los dos espectros que cubren sólo la parte roja son válidos para nuestros propósitos porque, como veremos en la sección 4.2, el cociente entre [NII] y  $H_{\alpha}$  es un criterio suficiente para discriminar entre los diferentes tipos de actividad nuclear (AGN o formación estelar). Los 14 espectros azules han sido desechados dado que este espectrógrafo es muy poco sensible en el azul (Tonry & Davis 1979) y tras su inspección encontramos que es imposible detectar, con un nivel de confianza aceptable, la presencia de líneas de emisión que nos permitan clasificar el tipo de actividad nuclear. Tenemos por lo tanto espectros de este espectrógrafo para 642 galaxias.

El Archivo del SDSS-DR4 nos ha proporcionado otros 221 espectros. Los datos provienen de un espectrógrafo instalado en un telescopio de amplio campo de 2.5 metros en el observatorio del Apache Point (Nuevo Mexico, USA). Los espectros fueron también obtenidos con fibras, de 3 segundos de diámetro, y una resolución espectral de 3.56Å en la región de  $H_{\alpha}$ . Estos espectros están calibrados fotométricamente y cubren un rango de 3800Å a 9000Å que nos permite medir todas las líneas necesarias para la clasificación nuclear.

Por último el archivo del espectrógrafo FAST, instalado en el mismo telescopio en el que en su día estuvo Z-Machine, contiene espectros de rendija larga en el rango 4000Å a 7000Å. Los espectros fueron tomados con una rendija de 3 segundos de arco y con una resolución espectral media de 6Å. Estos espectros no están fotométricamente calibrados aunque si corregidos de la respuesta instrumental. En este archivo hemos buscado espectros para aquellas galaxias que no tenían datos en ninguno de los otros dos archivos y para aquellas que teniendo datos en el espectrógrafo de Z-Machine no se detectaban líneas en emisión. Después de la búsqueda en el archivo, obtuvimos 136 espectros nuevos más 82 espectros en común con Z-machine.

Por lo tanto de las 986 galaxias del catálogo UZC-CG, tenemos información espectral para 868: 221 vienen del SDSS-DR4, 218 del espectrógrafo FAST y los 429 restantes de Z-Machine. Se han analizado uno a uno cada espectro y encontramos emisiones en 581 galaxias (67 %) que se trata de un limite inferior a las galaxias con emisión ya que la mitad de los espectros del catálogo vienen de Z-Machine y como se explica en el Capítulo 3, del análisis comparativo entre las tres bases de datos, Z-Machine es un 20 % menos eficiente que los otros dos en la detección de líneas de emisión.

Tabla 2.9: Grupos del UZC-CGs

CG	$N_g$	R	$V_r$	$\sigma_v$	$N_s$	$N_m$	C	CG	n	R	$V_r$	$\sigma_v$	$N_s$	$N_m$	C
1	3	31	8560	349	3	2	C	50	5	51	5162	173	5	2	C
2	3	92	5497	294	3	2	C	51	3	106	4506	10	3	2	C
3	3	174	4811	26	3	1	C	52	3	129	5908	254	3	2	C
4	4	92	5127	262	4	2	C	53	3	150	6131	352	2	1	RC
5	7	162	5875	505	7	5	C	54	3	109	3738	127	2	1	RC
6	3	160	3942	223	2	2	RC	55	3	133	5708	95	2	1	RC
7	5	196	4514	454	5	3	C	56	3	130	2993	142	1	1	I
8	3	39	4332	54	3	3	C	57	3	139	4338	476	1	0	I
9	3	47	4267	86	3	2	C	58	3	92	3903	66	1	1	I
10	3	136	5119	244	2	2	RC	59	4	133	3314	147	3	1	RC
11	3	134	7322	96	3	0	C	60	3	73	6007	86	3	1	C
12	3	139	3926	156	3	3	C	61	4	70	4777	45	4	2	C
13	3	154	5184	324	3	2	C	62	3	117	3905	67	2	2	RC
14	3	79	5109	180	3	1	C	63	3	126	8771	48	3	2	C
15	4	144	4488	245	4	2	C	64	3	129	5855	152	2	2	RC
16	3	73	5204	421	3	2	C	65	7	156	4620	329	6	3	RC
17	3	140	5358	81	0	0	I	66	3	34	1563	49	1	1	I
18	3	163	5221	140	3	1	C	67	3	139	4700	68	3	2	C
19	3	66	5091	447	3	3	C	68	3	157	3656	220	2	0	RC
20	3	24	5302	99	3	3	C	69	3	124	3845	575	2	2	RC
21	3	93	5235	262	3	2	C	70	3	116	4262	22	3	3	C
22	3	39	5962	85	3	3	C	71	3	172	4179	147	1	1	I
23	3	76	5296	489	3	3	C	72	3	147	8853	501	3	3	C
24	3	39	6439	142	3	3	C	73	3	117	6093	658	3	3	C
25	4	79	4831	296	4	3	C	74	3	112	5034	65	3	3	C
26	3	73	4764	165	3	2	C	75	3	143	4047	88	3	1	C
27	3	119	5520	102	3	3	C	76	3	69	4409	209	3	3	C
28	4	170	5446	85	4	2	C	77	4	129	7528	256	4	2	C
29	3	56	5275	171	3	2	C	78	4	129	3493	253	3	2	RC
30	3	150	4929	84	2	2	C	79	3	113	1993	93	3	2	C
31	3	146	4637	103	3	1	C	80	3	72	3659	178	1	1	I
32	3	112	4860	129	3	1	C	81	7	123	1854	111	6	1	RC
33	4	84	6868	450	4	2	C	82	3	100	4073	89	1	0	I
34	4	99	1558	145	4	3	C	83	3	139	3803	126	3	2	C
35	3	114	5177	69	2	2	RC	84	3	127	8074	216	3	2	C
36	3	80	4542	133	3	2	C	85	4	173	8783	324	4	0	C
37	4	67	4423	537	4	4	C	86	3	43	3108	47	3	3	C
38	3	92	3611	38	3	3	C	87	6	119	3968	344	4	2	RC
39	3	126	3779	91	3	2	C	88	3	119	2795	128	2	2	RC
40	3	139	5861	323	2	1	RC	89	3	113	7908	391	3	3	C
41	3	83	3679	177	3	3	C	90	3	47	4962	141	3	3	C

Tabla 2.9: continuación

CG	$N_g$	R	$V_r$	$\sigma_v$	$N_s$	$N_m$	C	CG	n	R	$V_r$	$\sigma_v$	$N_s$	$N_m$	C
42	3	51	4298	292	3	0	C	91	4	123	2051	174	3	2	RC
43	3	69	4316	106	1	1	I	92	4	152	8554	396	4	1	C
44	3	89	5034	193	3	1	C	93	3	19	1756	100	3	3	C
45	3	160	4339	71	2	1	RC	94	3	154	2322	60	3	3	C
46	3	137	4295	64	3	1	C	95	3	61	5253	97	3	2	C
47	3	117	5758	123	3	1	C	96	4	30	1575	194	4	4	C
48	3	69	5052	183	2	1	RC	97	3	53	1681	153	3	2	C
49	3	36	4820	199	2	2	RC	98	3	89	3556	304	3	2	C
99	3	157	6579	200	3	1	C	149	4	116	9749	299	4	1	C
100	4	87	2977	391	4	4	C	150	3	122	3167	71	3	2	C
101	3	103	7509	41	3	3	C	151	3	21	4167	204	3	3	C
102	3	43	6652	71	3	2	C	152	3	72	6115	176	1	1	I
103	3	109	7554	303	3	2	C	153	3	93	1824	41	3	2	C
104	3	132	5702	606	3	2	C	154	3	140	7875	142	3	2	C
105	3	116	8571	302	3	1	C	155	4	109	1362	304	4	3	C
106	3	24	1493	147	3	1	C	156	6	144	6910	491	6	4	C
107	3	130	5257	175	3	2	C	157	6	89	7223	314	6	5	C
108	3	104	1577	231	1	0	I	158	4	59	2389	186	4	4	C
109	3	147	3442	490	3	2	C	159	3	51	3872	176	3	2	C
110	3	84	6001	63	3	3	C	160	3	112	1777	444	3	2	C
111	3	87	5348	234	3	2	C	161	3	142	7141	46	3	1	C
112	3	170	1504	52	3	3	C	162	3	21	3910	138	3	2	C
113	3	100	6135	121	2	1	RC	163	3	132	2421	306	3	2	C
114	6	99	1319	167	5	4	RC	164	4	59	6965	403	4	1	C
115	3	69	6921	182	3	3	C	165	3	93	7673	54	3	1	C
116	3	133	9933	215	3	1	C	166	3	24	6759	203	3	2	C
117	3	156	1657	41	3	2	C	167	3	80	4551	69	3	3	C
118	3	142	7464	174	3	3	C	168	6	120	7132	421	5	3	RC
119	3	122	1554	717	3	3	C	169	4	47	7372	303	4	4	C
120	3	119	6272	142	3	2	C	170	3	109	2121	116	0	0	I
121	3	89	6324	354	3	1	C	171	4	120	2631	270	4	3	C
122	6	84	1439	395	6	6	C	172	3	173	2323	234	2	2	RC
123	3	107	1744	169	3	3	C	173	3	43	1394	228	1	1	I
124	9	133	1157	141	5	3	RC	174	3	27	4818	143	3	3	C
125	3	66	1961	94	3	2	C	175	5	159	2028	560	1	1	I
126	3	69	7303	431	3	2	C	176	4	142	1565	253	3	3	RC
127	4	137	6441	192	4	2	C	177	3	154	1609	56	2	2	RC
128	3	54	7593	42	3	3	C	178	3	180	2019	35	1	1	I
129	3	113	1475	150	3	3	C	179	3	97	9966	106	3	3	C
130	3	162	8666	66	3	3	C	180	4	142	8858	86	4	1	C
131	3	92	6550	667	3	2	C	181	3	39	5424	301	0	0	I

Tabla 2.9: continuación

CG	$N_g$	R	$V_r$	$\sigma_v$	$N_s$	$N_m$	C	CG	n	R	$V_r$	$\sigma_v$	$N_s$	$N_m$	C
132	3	137	7354	249	3	2	C	182	3	92	6926	487	2	1	RC
133	3	102	9025	81	3	2	C	183	3	33	6663	454	3	3	C
134	3	80	1673	619	3	3	C	184	3	93	6485	69	3	2	C
135	3	146	6713	66	3	2	C	185	4	183	5646	160	4	3	C
136	3	66	1831	258	3	1	C	186	3	130	5724	74	1	0	I
137	3	67	7283	41	3	3	C	187	3	37	6734	116	2	2	RC
138	3	53	8249	639	3	0	C	188	3	94	6154	80	3	3	C
139	3	152	1508	266	3	2	C	189	3	143	2330	399	3	2	C
140	3	133	3466	164	3	2	C	190	3	19	4648	25	3	3	C
141	6	137	6275	47	6	6	C	191	3	37	5466	326	3	2	C
142	4	57	8964	160	1	1	I	192	5	142	2556	94	5	5	C
143	3	120	3640	78	3	3	C	193	4	90	6862	444	4	1	C
144	4	83	6253	181	4	3	C	194	6	122	6967	324	6	4	C
145	3	133	6442	104	3	3	C	195	3	74	3682	79	1	1	I
146	3	112	6030	20	3	3	C	196	3	154	6957	46	1	1	I
147	4	136	1724	183	4	4	C	197	3	90	4696	117	3	1	C
148	4	147	7913	371	2	1	I	198	3	104	7037	58	3	1	C
199	3	72	6929	61	3	2	C	246	3	113	5960	64	3	0	C
200	3	123	6979	164	3	3	C	247	3	162	9204	173	3	2	C
201	3	93	6913	218	3	3	C	248	3	76	9407	252	3	2	C
202	3	106	2015	216	2	1	RC	249	3	113	9715	226	3	2	C
203	3	96	4438	170	3	2	C	250	3	127	9440	257	3	2	C
204	3	33	9759	123	3	3	C	251	3	50	8980	227	3	1	C
205	4	154	9083	263	4	3	C	252	3	106	5472	266	3	2	C
206	3	94	6555	65	3	2	C	253	3	89	3149	237	1	1	I
207	4	179	3270	225	4	3	C	254	3	39	8716	71	3	2	C
208	3	143	1986	137	3	1	C	255	3	67	6642	153	3	1	C
209	4	159	3922	134	4	2	C	256	3	21	8782	48	3	2	C
210	3	94	5316	235	3	0	C	257	3	150	3857	50	3	0	C
211	3	139	7918	266	3	3	C	258	4	146	3159	38	1	1	I
212	4	136	7294	384	4	2	C	259	3	110	3127	134	2	1	RC
213	4	170	5604	82	4	1	C	260	4	99	5125	88	3	0	RC
214	6	140	1599	123	6	4	C	261	4	126	4766	199	4	0	C
215	3	92	3419	158	3	2	C	262	3	17	8368	339	3	2	C
216	3	82	5569	101	3	2	C	263	3	160	4215	89	3	3	C
217	3	170	2262	71	2	1	RC	264	3	142	5638	150	3	3	C
218	3	69	7892	349	3	1	C	265	3	89	1507	128	1	1	I
219	3	160	3899	363	3	3	C	266	3	147	6190	413	2	1	RC
220	3	92	4410	175	3	3	C	267	3	169	8216	243	3	1	C
221	4	150	2215	137	4	3	C	268	3	92	3334	94	2	0	RC
222	3	33	2360	48	3	3	C	269	3	106	4529	289	1	0	I



Tabla 2.10: Resumen de los datos encontrados para el catálogo de UZC-CG

	CGs	Galaxias	Espectros	Emisión
UZC-CG	291	986	868	581
Completa	215	720	719	488
Casi Completa	47	171	120	75
Incompleta	29	95	29	20

En la Tabla 2.9 se ha detallado las principales características de los 291 grupos del catálogo UZC-CG. En la columna 1 se da el nombre del grupo, en la columna 2,  $N_g$  que corresponde al número de galaxias miembro del grupo, el tamaño medio proyectado viene dado por  $R$ , en kpc, en la columna 3; la velocidad radial media ( $V_r$  en km/s) en la columna 4 y la dispersión de velocidades del grupo ( $\sigma_v$  en km/s) en la columna 5. Los datos de la columna 1 a la 5 se han tomado de Focardi & Kelm (2002) transformando en el caso de la dimensión media proyectada (columna 3), a  $H_0=70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  usado en este trabajo de tesis. El número de espectros finalmente disponibles para el análisis ( $N_s$ ) se incluye en la columna 6 y el número de espectros que muestran emisiones ( $N_e$ ) tras el análisis se da en la columna 7. Dado que no tenemos espectros para todas las galaxias miembro de todos los grupos puesto que se han obtenido espectros para 868 de las 986 galaxias del catálogo, en la última columna de la tabla se da la completitud del grupo atendiendo al siguiente criterio:

- C: muestra completa, correspondiente a los grupos con espectros para todas sus galaxias,
- RC: muestra casi completa (del inglés Roughly Complete), que son los grupos con espectros para más de la mitad de las galaxias miembro y
- I: muestra incompleta que corresponde a aquellos grupos en los que solo hay espectro para alguna galaxia. Estos grupos representan solamente el 10% del catálogo.

En la Tabla 2.10 se da el resumen para el catálogo entero y para cada una de las tres clases de grupos (C,RC e I), el número total de grupos, el número total de galaxias miembro, el número de galaxias con espectros disponibles y de estos, los que tras el análisis que presentamos en los siguientes capítulos, muestran emisiones. En la muestra completa hay un grupo, UZC-CG30, del que no tenemos espectros disponibles para sus tres galaxias, sino solo para dos, pero de la galaxia que falta sabemos su clasificación por lo que consideramos este grupo como de la muestra completa; por este motivo, en la columna 4 aparece que tenemos espectros para 719 galaxias de las 720 de la muestra completa.

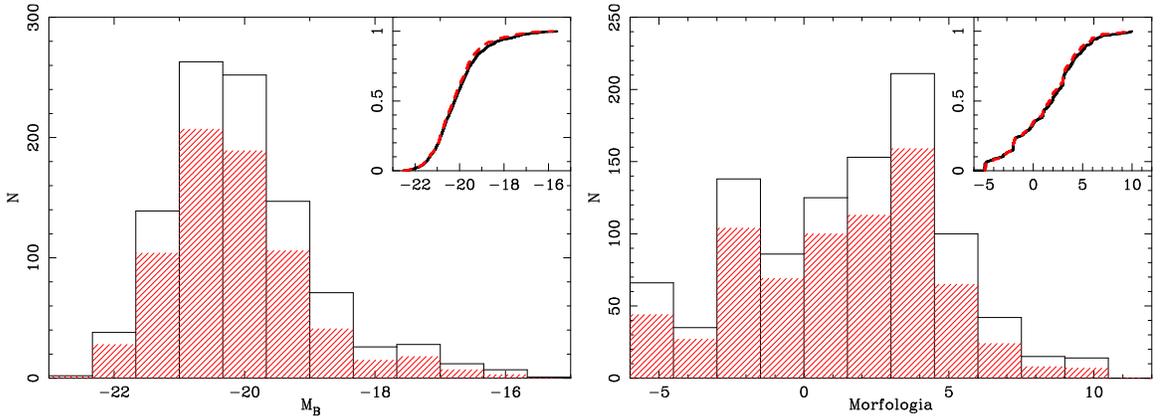


Figura 2.5: Histograma y distribución acumulada para la morfología y la magnitud absoluta ( $M_B$ ) en el catálogo de UZC-CG (en línea continua) y en nuestra muestra completa (línea discontinua).

### 2.2.2. Características de la Muestra completa del UZC-CG

La muestra completa comprende 215 grupos con un total de 720 galaxias para las que disponemos de espectros de catálogo y en algunos casos en dos o más de los archivos. La muestra completa contiene el 74 % del catálogo y se ha comprobado que es representativa de todo el catálogo, lo que nos permite, analizando la muestra completa, obtener resultados generales para él.

En primer lugar, como puede verse en la Tabla 2.10 el porcentaje de emisiones entre todos los espectros encontrados (868) es del 67 %, idéntico al porcentaje de emisiones encontrado en los espectros de la muestra completa (68 %).

También el grado de multiplicidad es el mismo: el porcentaje de tripletes la muestra completa es del 76 %, exactamente igual que en el catálogo UZC-CG.

Con respecto a las propiedades de las galaxias, en la Figura 2.5 representamos el histograma y la función acumulada de la magnitud absoluta (Fig.2.5a) y del tipo morfológico (Fig.2.5b) para todas la galaxias del catálogo (línea negra) y para las galaxias de la muestra completa (línea roja y región sombreada en el histograma). Tanto las distribuciones de magnitud absoluta y de tipo morfológico como sus correspondientes funciones acumuladas, son completamente equivalentes. Hecho que se refleja también en los test Kolmogorov-Smirnov (Test-KS) que confirman que la probabilidad de que ambas muestras representen diferentes distribuciones es menor de 0.32 para la morfología y 0.51 para magnitud absoluta. De ahora en adelante esta muestra completa la pasaremos a llamar la muestra UZC-CG.

En la Tabla 2.11 se recogen las propiedades fundamentales para cada una de las galaxias miembro de los grupos de la muestra. La primera columna contiene la denominación asig-

nada en esta tesis a cada galaxia, que se refiere al criterio de ordenación por coordenadas (primero por ascensión recta) y que no corresponde a una clasificación de brillo de la galaxia como ocurre en otros catálogos como el de Hickson. En la segunda columna está listado otro nombre conocido de cada galaxia y obtenido de NED. Las columnas 3 y 4 contienen respectivamente el tipo morfológico y su correspondiente código numérico (T) con la nomenclatura de *de Vaucouleur*. La magnitud total aparente en la banda B reducida al sistema del RC3 y corregida de extinción Galáctica, extinción interna y del efecto K se da en la columna 5 y en la columna 6 la correspondiente velocidad radial corregida de la velocidad relativa del Grupo Local hacia Virgo. En la columna 7 se encuentra la magnitud absoluta en B,  $M_B$ , calculada a partir de la magnitud aparente corregida de la banda B y el módulo distancia. Los datos de las columnas 3 a 7 se han obtenido de la base de datos Hyperleda (Paturel et al. 2003). En la columna 8 se listan los archivos en donde se han encontrado datos: Z corresponde a Z-Machine, S a SDSS-DR4 y F a los datos del espectrógrafo FAST. Para la galaxia de la Muestra UZC-CG 30b no tenemos ningún espectro disponible en los archivos pero disponemos de su clasificación en NED y del trazo del espectro y los cocientes de líneas de Véron-Cetty & Véron (2001) y Gallego et al. (1996). Esto nos ha permitido incluir esta galaxia y de esta forma completar un grupo más.

También hemos incluido en la columna 9 de la tabla, para cada galaxia, la primera clasificación sobre presencia de emisión obtenida de Focardi & Kelm (2002) del catálogo original de Falco et al. (1999) que se refería únicamente a si el espectro mostraba emisiones (E), absorciones (A) o ambas características (B). En algunos casos no existe clasificación en el catálogo original y se denota con un signo (-) en esta columna.

Finalmente en la columna 10 especificamos nuestra detección o no de emisiones en los espectros utilizados en este trabajo. **De la comparación entre ambas columnas se encuentra que en este trabajo detectamos un 27 % más de emisiones que en la clasificación de Falcó y col (1999)**. Encontramos presencia de líneas en emisión en todas la galaxias clasificadas por Falco et al. (1999) como E y en todas menos cuatro clasificadas como B. De las 344 galaxias clasificadas por ellos como A, es decir, sin presencia de emisión, encontramos emisiones en 131 y sobre las 85 galaxias que no tienen clasificación, encontramos emisiones en 68 de ellas. Con todo esto **augmentamos el número de detecciones de emisiones en 199 galaxias**.

Tabla 2.11: Galaxias en la muestra completa de UZC-CGs

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U1a	UGC12897	Sab	1.9	13.94	8822.8	-21.56	F	-	Si
U1b	CGCG498-061	SBa	1	15.14	8333.8	-20.24	ZF	A	No
U1c	UGC12899	E	-4	14.23	8963.8	-21.31	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U2a	UGC00033	S0-a	-0.1	14.91	5361.7	-19.51	Z	A	No
U2b	UGC00037	Sb	3.1	15.06	5635.5	-19.47	Z	B	Si
U2c	NGC7827	S0	-1.9	14.13	5304	-20.26	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U3a	NGC0039	Sc	5.3	13.81	4983.3	-20.45	Z	B	Si
U3b	NGC0043	S0	-2	13.36	4910.2	-20.87	Z	-	No
U3c	UGC00130	Sab	2.1	13.91	4859.7	-20.30	ZF	A	No
U4a	IC1534	S0	-2	14.44	5423.9	-20.01	ZF	A	No
U4b	IC1535	Sb	2.8	13.75	5404.4	-20.69	Z	B	Si
U4c	NGC0049	S0	-2	14.44	4955.6	-19.81	ZF	A	No
U4d	NGC0051	S0	-2.4	13.68	5541.6	-20.82	Z	B	Si <sup>b</sup>
U5a	NGC0079	E-SO	-2.7	14.67	5578.2	-19.84	ZF	A	No
U5b	NGC0080	E-SO	-2.8	13.05	5824.2	-21.56	Z	A	No
U5c	NGC0083	E	-4.8	13.23	6591.4	-21.64	F	A	Si
U5d	NGC0086	Sa	1	14.36	5679	-20.19	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U5e	MCG+04-02-010	Sb	3.0	15.52	6695.1	-19.38	F	B	Si <sup>b</sup>
U5f	NGC0090	SABc	4.9	13.98	5439.4	-20.47	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U5g	NGC0093	Sab	2.2	13.64	5463.1	-20.82	F	-	Si
U7a	UGC 00275	Sb	3.1	14.05	4374.5	-19.93	Z	E	Si
U7b	IC0017	Sbc	4.2	14.77	4314.0	-19.18	Z	A	No
U7c	NGC0125	S0-a	-1.1	13.09	5289.9	-21.31	Z	A	Si
U7d	NGC0126	S0	-1.9	15.15	4236.6	-18.76	F	-	No
U7e	NGC0128	S0	-1.9	12.48	4204.5	-21.41	Z	A	Si
U8a	MK552	S0-a	-0.2	14.26	4377.8	-19.72	Z	E	Si
U8b	UGC00312	SBc	5.5	13.15	4372.7	-20.83	Z	B	Si
U8c	UGC00314	SABb	4.4	14.36	4284.2	-19.57	Z	E	Si
U9a	NGC0192	SBa	1	12.96	4179.5	-20.92	Z	-	Si <sup>b</sup>
U9b	NGC0196	S0	-1.8	14.40	4202.8	-19.50	ZF	A	No
U9c	NGC0201	Sc	5	13.35	4368.8	-20.63	ZS	E	Si
U11a	NGC0228	Sab	1.6	14.45	7397	-20.67	Z	A	No
U11b	NGC0229	Sa	1.3	14.15	7418.5	-20.97	Z	A	No
U11c	CGCG479-065	SO	-0.7	14.61	7312.1	-20.49	Z	A	No
U12a	UGC505	SBbc	4	14.35	3810.3	-19.33	Z	E	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U12b	CGCG384-012	S0-a	-0.5	15.42	3839.7	-18.28	Z	B	Si <sup>b</sup>
U12c	NGC0271	Sab	2.4	12.41	4081.8	-21.42	Z	A	Si
U13a	CGCG501-026	S0	-2	15.01	5205.8	-19.35	Z	B	Si
U13b	UGC00525	SABb	3.9	14.32	5000.3	-19.95	Z	-	Si
U13c	UGC00529	S0-a	0	13.65	5660.5	-20.89	Z	A	No
U14a	NGC0311	S0	-2	13.64	5156.8	-20.69	Z	-	No
U14b	NGC0315	E	-4	11.85	5117.1	-22.47	Z	-	Si <sup>b</sup>
U14c	NGC0318	S0	-2	14.81	5373.8	-19.61	Z	A	No
U15a	CGCG501-091	Sc	4.7	15.22	4328.7	-18.74	F	-	Si
U15b	UGC00697	Sb	3.1	13.90	4817.4	-20.28	F	-	Si <sup>b</sup>
U15c	NGC0392	E-SO	-3.0	13.37	4792.1	-20.81	F	A	No
U15d	NGC0394	S0	-1.8	14.30	4507.9	-19.74	ZF	A	No
U16a	NGC0407	S0-a	-0.2	14	5682.2	-20.55	ZF	-	Si <sup>a</sup>
U16b	NGC0410	E	-4.3	12.19	5445.2	-22.27	ZF	-	Si <sup>ab</sup>
U16c	NGC0414	SO	-1.6	14.50	0	-19.65	ZF	A	No
U18a	CGCG411-012	Sbc	4.3	14.03	5296.8	-20.37	Z	B	Si
U18b	CGCG411-014	SO	-0.9	14.57	5025.2	-19.70	ZF	A	No
U18c	NGC0455	SO	-1.6	13.33	5249.4	-21.05	ZF	A	No
U19a	NGC0447	S0-a	0.2	14.77	5713.2	-19.79	Z	-	Si
U19b	NGC0449	Sb	2.9	14.40	4955.0	-19.85	F	E	Si <sup>b</sup>
U19c	NGC0451	Sc	4.8	14.31	4999.9	-19.95	Z	B	Si
U20a	CGCG551-011	Sab	1.8	14.33	5525.5	-20.15	Z	B	Si
U20b	UGC00813	Sab	1.9	14.04	5515.9	-20.44	Z	-	Si
U20c	UGC00816	Sb	3.3	13.48	5544	-21.02	Z	B	Si
U21a	UGC00875	SABc	5.3	14.80	5381.5	-19.63	Z	E	Si
U21b	UGC00874	S0	-2	15.33	5286.6	-19.06	ZF	A	No
U21c	UGC00890	SBbc	3.7	13.05	4929.6	-21.19	Z	B	Si
U22a	MCG+07-03-029	Sbc	4.1	14.80	6086.5	-19.90	ZF	B	Si
U22b	CGCG536-030	Sc	4.8	14.36	6022.4	-20.32	Z	B	Si
U22c	NGC0477	SABc	5.0	13.27	6005.6	-21.40	F	B	Si
U23a	NGC0512	Sab	2	12.69	4956.5	-21.56	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U23b	CGCG521-017	Sd	8.3	14.60	5262.9	-19.78	Z	B	Si
U23c	NGC0513	Sc	6.1	12.41	5982.6	-22.24	Z	-	Si <sup>b</sup>
U24a	UGC00978	Sc	5.7	14.79	6392.5	-20.02	ZSF	B	Si
U24b	IC1698	S0	-1.9	14.26	6593.2	-20.61	ZSF	A	Si
U24c	IC0107	E	-4.9	13.70	6387.5	-21.10	Z	A	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U25a	NGC0529	E-SO	-3.2	12.85	4945.7	-21.40	Z	A	No
U25b	NGC0531	S0-a	0.1	14.39	4781.4	-19.78	Z	B	Si
U25c	NGC0536	Sb	3.1	12.38	5309.9	-22.02	ZF	A	Si <sup>ab</sup>
U25d	NGC0542	Sb	2.8	14.61	4780.7	-19.56	Z	B	Si
U26a	UGC01116	Sd	7.8	13.97	4663.8	-20.15	Z	-	Si
U26b	UGC01120	Sab	1.9	13.95	4613.1	-20.15	ZSF	B	Si <sup>b</sup>
U26c	UGC01123	Sab	2	13.61	4859.4	-20.60	ZSF	A	No
U27a	IC0150	Sb	3	14.30	5539.1	-20.19	Z	E	Si
U27b	UGC01204	Sbc	4	14.22	5569.6	-20.29	Z	E	Si
U27c	NGC0664	Sb	3	13.45	5391.3	-20.98	Z	B	Si
U28a	NGC0665	S0	-2	12.71	5448.4	-21.74	Z	A	Si
U28b	CGCG437-020	Sb	2.8	14.61	5476.4	-19.85	Z	E	Si
U28c	IC0154	Sb	3	13.45	5561.9	-21.06	Z	A	No
U28d	IC0156	Sb	3.2	14.26	5240.5	-20.12	Z	A	No
U29a	IC0161	Sa	1.4	13.77	5199.5	-20.59	ZF	A	No
U29b	UGC01268	Sbc	3.8	13.68	5213.4	-20.68	Z	B	Si
U29c	MCG+02-05-039	Sab	2.3	15.18	5405.2	-19.26	F	B	Si
U30a	UGC01478	Sc	5.3	14.11	4908.8	-20.12	Z	-	Si
U30b	UGC01479	Sb	2.9	13.27	4990.9	-20.99	NED	-	Si
U30c	IC1764	Sb	3.1	13.78	5130.9	-20.55	Z	B	Si
U31a	MRK0365	Sc	5.4	14.75	4879.4	-19.47	F	B	Si
U31b	NGC0805	S0	-2	14.49	4653.5	-19.63	Z	A	No
U31c	NGC0807	E	-4.8	13.30	4849.5	-20.90	Z	A	No
U32a	UGC01590	E-SO	-3	13.36	5088.7	-20.95	Z	A	No
U32b	UGC01591	Sab	1.8	13.30	4926.6	-20.94	Z	A	Si
U32c	UGC01596	S0	-2	14.40	4848.2	-19.80	Z	A	No
U33a	ARK074	S0-a	-0.3	15.57	7146.9	-19.48	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U33b	UGC01617	E-SO	-3	14.75	7092.5	-20.27	ZF	A	No
U33c	UGC01618	E-SO	-3	15	6230.2	-19.75	ZF	B	Si <sup>a</sup>
U33d	UGC01624	S0	-1.8	14.50	7019	-20.51	Z	A	No
U34a	NGC0936	S0-a	-1.1	11.03	1271.1	-20.26	Z	A	Si
U34b	UGC01945	Sd	8	14.40	1756*	-17.59	Z	E	Si <sup>b</sup>
U34c	NGC0941	SABc	5.3	12.55	1519.2	-19.13	Z	E	Si
U34d	NGC0955	Sab	2	12.17	1417.2	-19.36	Z	A	No
U36a	NGC0969	S0	-2	12.95	4582.4	-21.13	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U36b	NGC0974	SABb	3.1	13.38	4613.8	-20.72	ZF	A	Si <sup>a</sup>

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U36c	NGC0978	E-SO	-3	12.52	4786.6	-21.66	Z	A	No
U37a	NGC1060	E-SO	-3.0	12.09	5286.7	-22.31	Z	A	Si
U37b	NGC1061	Sc	6.5	13.99	4118.1	-19.85	Z	E	Si
U37c	UGC2201	Sc	6.4	13.77	4225.6	-20.13	F	B	Si
U37d	NGC1067	SABc	5.2	13.66	4626.3	-20.44	F	B	Si
U38a	UGC02362	IAB	9.9	15.41	3619	-18.15	Z	-	Si
U38b	NGC1134	Sb	3.2	11.77	3634.6	-21.81	Z	-	Si
U38c	IC0267	Sb	3	12.61	3563.6	-20.92	Z	-	Si
U39a	UGC02717	E	-4.8	13.93	3921.1	-19.81	ZF	A	No
U39b	CGCG541-003	Sc	5.3	13.90	3808.8	-19.77	Z	E	Si
U39c	UGC02730	Sb	3.1	13.05	3890.2	-20.68	Z	B	Si
U41a	NGC1587	E	-4.8	12.34	3617.9	-21.23	Z	A	Si
U41b	NGC1588	E	-4.8	13.53	3395.9	-19.90	Z	A	Si
U41c	NGC1589	Sab	2.3	11.81	3712	-21.81	Z	A	Si
U42a	CGCG328-007	Sb	2.8	14.38	4331.4	-19.58	Z	A	No
U42b	UGC03069	E-SO	-3	14.30	4877.2	-19.92	Z	A	No
U42c	NGC1573	E	-4.8	12.24	4440.3	-21.77	Z	A	No
U44a	CGCG307-015	SOa	-0.3	13.05	5304.2	-21.35	F	A	No
U44b	VIIZw040	Sa	1.1	13.77	5432.8	-20.68	F	A	Si
U44c	CGCG307-017	SO	-1	14.59	5053.1	-19.71	F	A	No
U46a	CGCG308-024	E-SO	-2.7	14.84	4588.3	-19.24	F	A	No
U46b	CGCG308-025	E-SO	-2.7	14.27	4488.3	-19.76	F	A	No
U46c	UGC03458	Sb	3	13.47	4520.1	-20.59	F	A	Si
U47a	UGC03506	E-SO	-3	13.54	5926.8	-21.10	Z	A	No
U47b	CGCG233-025	S0-a	0.4	14.44	5800.1	-20.15	Z	A	No
U47c	CGCG233-026	SOa	-0.2	14.59	6046.6	-20.09	Z	A	Si
U50a	NGC2288	Sab	2.3	14.70	5528.7	-19.78	F	A	No
U50b	NGC2289	S0	-2	13.71	5055.7	-20.58	Z	A	No
U50c	NGC2290	Sa	0.9	13.29	5133.8	-21.03	F	A	Si
U50d	NGC2291	S0	-2	13.72	5263	-20.66	ZF	A	No
U50e	NGC2294	E	-4.7	14.38	5181	-19.97	F	B	Si
U51a	CGCG085-008	SOa	0.5	14.40	4501.1	-19.64	Z	A	No
U51b	CGCG085-011	S0	-2.1	14.33	4512.0	-19.71	F	A	Si
U51c	UGC3578	SBab	2.0	13.23	4530.1	-20.83	F	B	Si
U52a	UGC03614	SBab	2	13.81	5875.2	-20.81	Z	B	Si
U52b	NGC2308	Sab	2	13.59	5997.6	-21.07	Z	A	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U52c	CGCG234-038	E-SO	-3.1	14.98	6336.9	-19.81	Z	A	No
U60a	CGCG286-055	Sbc	3.7	15.10	6306	-19.67	F	-	Si
U60b	CGCG286-057	Sb	3.3	14.48	6142.6	-20.24	Z	B	No
U60c	CGCG286-058	Sa	0.8	14.36	6174.8	-20.37	Z	A	No
U61a	IC2205	Sa	1	14.95	4794.6	-19.23	Z	A	No
U61b	IC0476	SABb	4.2	15.10	4790.5	-19.08	Z	B	Si
U61c	NGC2449	Sab	2	13.36	4848.6	-20.84	Z	A	No
U61d	NGC2450	Sb	3.5	14.21	4875.9	-20.01	Z	B	Si
U63a	CGCG058-068	S0-a	-0.4	15.28	8757.8	-20.20	F	A	Si
U63b	CGCG058-069	Sab	2.5	14.57	8805.6	-20.92	Z	A	No
U63c	CGCG058-071	S0-a	-1	15.14	8736.1	-20.34	F	B	Si
U67a	CGCG088-032	SOa	-0.1	14.44	4685.1	-19.69	ZF	A	No
U67b	CGCG088-034	Sb	3	14.92	4810.3	-19.26	Z	E	Si
U67c	CGCG088-039	S0-a	-0.7	15.27	4702.3	-18.86	Z	E	Si
U70a	NGC2561	SBbc	3.6	13.22	4087.6	-20.62	Z	A	Si
U70b	CGCG032-002	Sb	3.0	15.02	4250.0	-18.90	F	E	Si
U70c	CGCG032-003	SO	-0.5	14.68	4225.4	-19.22	F	A	Si
U72a	CGCG032-009	Sa	1.1	14.69	8559.3	-20.75	ZS	A	Si
U72b	CGCG032-013	SO	-1	15.15	8512.7	-20.28	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U72c	IC0505	Sb	3.4	13.96	9337.2	-21.66	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U73a	UGC04406	S0	-2	15.35	5956.2	-19.30	Z	-	Si
U73b	CGCG119-104	Sbc	3.7	14.72	6897.2	-20.25	Z	B	Si
U73c	UGC04416	SBb	3	13.08	5588.1	-21.43	Z	B	Si
U74a	MRK0091	SO	-1.4	14.46	5285.8	-19.93	S	-	Si
U74b	CGCG263-044	SO	-1	14.82	5260.9	-19.56	S	B	Si <sup>b</sup>
U74c	UGC04461	Sbc	4	13.45	5184.4	-20.89	S	B	Si
U75a	UGC04491	SBab	1.7	13.07	4056.9	-20.75	F	A	Si
U75b	UGC04494	Sab	1.7	14.53	3757.8	-19.12	F	A	No
U75c	CGCG004-086	Sa	1	15.18	3906.3	-18.55	F	A	No
U76a	NGC2624	Sab	2.4	14.26	4213.4	-19.64	F	A	Si
U76b	NGC2625	Sb	3.3	14.93	4555.4	-19.13	F	E	Si
U76c	CGCG089-056	Sab	1.9	14.35	4671	-19.77	Z	E	Si
U77a	CGCG263-078	Sab	2.1	15.40	7650.9	-19.79	S	A	Si
U77b	CGCG263-080	SO	-1.5	14.11	7812.9	-21.13	ZS	-	No
U77c	CGCG263-082	SO	0.9	15	7428.9	-20.13	S	A	No
U77d	UGC04564	Sb	3.2	13.78	8058.4	-21.53	ZS	B	Si <sup>b</sup>

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U79a	UGC04590	Sa	1.1	14.20	1916.3	-17.98	Z	E	Si
U79b	CGCG061-011	Sb	3.4	15.94	2104.9	-16.45	Z	E	Si
U79c	UGC04599	S0	-2	14.95	2111.6	-17.45	Z	A	No
U83a	NGC2713	SBab	2.5	12.02	3885.6	-21.70	S	-	Si
U83b	NGC2716	S0-a	-1.2	12.84	3612.6	-20.73	S	A	Si
U83c	IC2426	Sa	1.3	14.89	3857.5	-18.81	ZS	A	No
U84a	CGCG033-047N1	Sb	3.2	16.29	8206	-19.06	S	A	No
U84b	CGCG033-047N2	Sb	3.4	14.97	7793	-20.27	S	A	Si
U84c	CGCG033-050	E-SO	-3.4	15.05	8092.6	-20.27	S	A	Si
U85a	CGCG061-048	Sa	1	14.55	8762.5	-20.93	Z	A	No
U85b	CGCG061-051	Sa	0.5	15.13	9101.8	-20.44	Z	A	No
U85c	CGCG061-054	Sab	2.5	14.70	8367.9	-20.68	Z	A	No
U85d	CGCG061-055	E-SO	-0.7	15.23	8992.8	-20.32	Z	A	No
U86a	NGC2737	Sab	2	13.91	3224.6	-19.41	F	A	Si
U86b	NGC2738	Sbc	4.3	12.80	3167.8	-20.48	F	-	Si
U86c	CGCG121-011	Sbc	4.4	14.86	3135.4	-18.39	Z	E	Si
U89a	ARK193	Sb	2.5	15.31	7633.7	-19.88	Z	B	Si
U89b	CGCG209-027	Sab	1.9	14.88	8382.9	-20.51	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U89c	CGCG209-028	Sb	3	15.07	8142.9	-20.26	ZS	E	Si
U90a	NGC2767	SABa	1.9	14.39	5138.3	-19.94	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U90b	NGC2769	Sa	1.1	13.34	5018.2	-20.94	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U90c	NGC2771	Sab	1.6	13.61	5241.7	-20.76	ZS	A	Si
U92a	NGC2804	S0	-2	13.70	8129.2	-21.63	ZF	A	No
U92b	NGC2807	Sab	2.3	15.07	8228.4	-20.28	ZF	A	No
U92c	NGC2809	S0	-2	13.69	8196.7	-21.65	ZF	A	No
U92d	CGCG091-055	Sb	3.4	14.65	9180.6	-20.94	Z	E	Si
U93a	UGC04904	SBbc	3.9	14.58	1816.1	-17.49	ZSF	E	Si
U93b	NGC2798	SBa	1.1	12.50	1902	-19.67	Z	B	Si
U93c	NGC2799	SBd	8.5	12.89	1958.9	-19.34	Z	B	Si <sup>b</sup>
U94a	MRK104	Sb	3.2	14.33	2406.2	-18.35	ZS	E	Si
U94b	UGC04906	Sa	1.1	12.49	2472.1	-20.25	ZS	B	Si <sup>b</sup>
U94c	UGC04913	Sc	5.9	14.43	2575.6	-18.39	S	-	Si
U95a	MRK1232	SOa	0.1	15.08	5316.7	-19.32	ZSF	A	Si <sup>a</sup>
U95b	CGCG006-030	SOa	0.3	15.32	5109.6	-19	ZSF	A	No
U95c	UGC04956	E	-4.8	13.31	5160.2	-21.02	ZSF	A	Si <sup>a</sup>
U96a	NGC2805	SABc	6.9	11.37	1971.1	-20.88	Z	B	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U96b	NGC2814	Sb	2.9	13.25	1872.6	-18.88	Z	E	Si
U96c	NGC2820A	S0-a	0	15.03	1810.8	-17.04	Z	-	Si
U96d	NGC2820	SBc	5.4	11.42	1810.9	-20.64	Z	E	Si
U97a	NGC2844	Sa	0.5	13.36	1638.5	-18.49	Z	B	Si <sup>b</sup>
U97b	NGC2852	SABa	1	14.05	1934.4	-18.16	ZF	A	No
U97c	NGC2853	S0-a	-0.9	14.32	1915.8	-17.86	ZS	E	Si
U98a	CGCG062-029	Sab	2.3	14.42	3694.1	-19.19	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U98b	NGC2872	E	-4.8	12.68	3237.3	-20.64	ZF	A	No
U98c	NGC2874	SBbc	4.4	12.40	3804.5	-21.27	S	-	Si
U99a	UGC05058	SABc	5.3	13.84	6620.3	-21.04	F	B	Si
U99b	UGC05061	SBa	1	14.43	6842.9	-20.52	F	A	No
U99c	NGC2892	E	-4.1	13.66	7020.1	-21.35	Z	A	No
U100a	NGC2911	S0	-2.1	12.55	3234.2	-20.78	ZSF	-	Si <sup>b</sup>
U100b	UGC05093	Sc	4.6	13.77	3120.6	-19.47	ZSF	B	Si
U100c	NGC2914	SBab	2	13.66	3172	-19.62	ZSF	A	Si <sup>a</sup>
U100d	NGC2919	SABb	3.8	12.47	2445.6	-20.25	Z	E	Si
U101a	NGC2929	Sbc	4.4	13.37	7590.5	-21.80	Z	E	Si
U101b	NGC2931	Sb	3.1	14.38	7558.2	-20.79	Z	B	Si <sup>b</sup>
U101c	CGCG122-039	Sc	4.8	15.43	7603.1	-19.75	Z	E	Si
U102a	NGC2944W	S0	-2	14.70	6729.1	-20.21	F	E	Si
U102b	NGC2944A	SBc	5	14.02	6948.3	-20.97	Z	-	Si
U102c	UGC05146	S0	-1.	14.30	0	-20.57	ZF	A	No
U103a	UGC05165	Sb	3.1	15.11	7296.9	-19.98	Z	-	Si <sup>b</sup>
U103b	CGCG122-050	Sab	2.4	14.90	7767.9	-20.32	Z	A	No
U103c	CGCG122-052	Sa	1.1	15.61	7833.3	-19.64	Z	B	Si
U104a	UGC05173	Sb	3.2	13.51	6261.7	-21.25	ZS	-	Si
U104b	CGCG063-043	SOa	-0.3	15.10	5849.4	-19.51	ZF	A	No
U104c	UGC05177	Sbc	3.6	14.31	5070.3	-19.99	ZS	B	Si
U105a	CGCG035-036	S0	1.5	14.94	8210.8	-20.40	ZS	A	No
U105b	UGC05182	S0	-2	14.17	8661.5	-21.29	ZS	A	No
U105c	CGCG035-038	Sc	5.1	15.66	8797.6	-19.84	ZS	E	Si
U106a	NGC2964	Sbc	4.1	11.65	1439	-19.91	Z	B	Si <sup>b</sup>
U106b	NGC2968	Sab	1.6	12.40	1692.6	-19.52	ZF	A	No
U106c	NGC2970	E	-4.7	14.31	1771.4	-17.71	ZF	A	No
U107a	ARK211	Sab	1.8	15.06	5586.6	-19.45	ZSF	A	No
U107b	UGC05199	Sab	2	14.19	5448.5	-20.27	ZSF	B	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U107c	CGCG210-030	E-SO	-2.9	14.68	5256.5	-19.70	ZSF	A	Si <sup>a</sup>
U109a	UGC05216	SABc	6.9	14.25	3299.5	-19.12	Z	B	Si
U109b	CGCG063-060	Sa	1	15.01	4000.5	-18.77	ZS	B	Si <sup>b</sup>
U109c	CGCG063-066	SOa	0	14.27	3057.6	-18.93	ZS	A	No
U110a	IC0561	Sbc	4.2	14.70	5912.6	-19.93	S	E	Si
U110b	IC0563	SBab	2	13.92	6077.2	-20.77	S	-	Si
U110c	IC0564	Scd	6.8	12.72	5975.1	-21.93	S	-	Si
U111a	CGCG063-074	Sa	1.4	13.91	5227.9	-20.46	ZS	E	Si
U111b	UGC05267	Sb	3	13.42	5673.5	-21.12	ZS	-	Si
U111c	UGC05270	S0	-2	14.14	5235.8	-20.23	ZF	A	No
U112a	KUG0947+282	E	-4.5	15.69	1553.9	-16.05	Z	E	Si
U112b	NGC3026	IB	9.7	12.61	1595.4	-19.18	ZF	B	Si <sup>a</sup>
U112c	NGC3032	S0	-1.8	12.97	1660.8	-18.91	Z	B	Si <sup>b</sup>
U115a	NGC3202	Sa	1.1	13.70	6873.5	-21.26	ZS	A	Si
U115b	NGC3205	Sa	1	14.13	7183.7	-20.92	S	A	Si
U115c	NGC3207	SOa	0.3	14.15	7198	-20.91	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U116a	CGCG094-056	SOa	-0.1	14.76	10123.1	-21.04	Z	A	No
U116b	CGCG094-058	Sbc	3.8	14.91	9732.1	-20.80	Z	E	Si
U116c	CGCG094-062	S0	-1.1	14.91	10175.8	-20.91	Z	A	No
U117a	NGC3259	SABb	3.6	12.25	1928.6	-19.95	ZS	B	Si <sup>b</sup>
U117b	NGC3266	S0	-1.9	13.16	1866	-18.97	Z	A	No
U117c	UGC05776	Sab	2.4	14.92	1946.4	-17.31	ZS	B	Si
U118a	CGCG240-056	S0	-1	15.10	7453.3	-20.03	S	A	Si
U118b	CGCG240-059	S0	-0.7	15.17	7773.9	-20.06	S	A	Si
U118c	CGCG240-061	Sa	0.9	15.16	7733.4	-20.06	S	B	Si
U119a	UGC05791	Sb	3.2	13.87	1060.6	-17.03	ZS	E	Si <sup>b</sup>
U119b	NGC3320	SBc	5.8	12.03	2530.8	-20.76	Z	E	Si
U119c	MRK151	Sb	3.4	14.99	1731.9	-16.98	S	-	Si
U120a	CGCG125-005	E-SO	-3.2	14.75	6387.7	-20.05	Z	A	No
U120b	UGC05874	Sbc	4.1	14.58	6530.6	-20.27	Z	B	Si
U120c	UGC05881	Sa	1	14.32	6256.9	-20.44	Z	B	Si
U121a	CGCG066-034	Sb	3.3	14.42	5953.7	-20.23	Z	E	Si
U121b	CGCG066-035	Sa	0.5	15.13	6602.9	-19.75	ZF	A	No
U121c	CGCG066-037	Sa	1.4	15.02	6523	-19.83	Z	A	No
U122a	IC2604	SBm	9.1	14.37	1781.8	-17.66	Z	E	Si
U122b	NGC3395	Sc	5.9	11.85	1768.5	-20.17	Z	E	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U122c	NGC3396	SBm	9.4	11.62	1776.5	-20.41	Z	E	Si
U122d	NGC3413	S0	-1.8	12.66	792.5	-17.61	Z	E	Si
U122e	NGC3424	SBb	3.1	12.28	1651.2	-19.58	Z	B	Si
U122f	NGC3430	Sc	5.1	11.64	1732	-20.33	Z	B	Si
U123a	UGC05990	Sab	2	14.33	1723.4	-17.63	Z	E	Si
U123b	NGC3442	Sab	1.5	13.54	1882.7	-18.60	Z	E	Si
U123c	CGCG184-036	SBb	3.5	14.31	2021.5	-17.99	Z	E	Si
U125a	NGC3440	SBb	3	12.84	2145.5	-19.59	Z	E	Si
U125b	NGC3445	SABm	8.9	12.72	2240.4	-19.81	Z	E	Si
U125c	NGC3458	S0	-2	12.88	2080.8	-19.48	Z	A	No
U126a	CGCG241-052	S0	-1.9	15.32	7187.7	-19.74	ZSF	A	Si <sup>a</sup>
U126b	CGCG241-053	Sab	1.6	14.69	7956.4	-20.59	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U126c	UGC06071	E	-4.8	13.97	7388.7	-21.14	ZS	A	No
U127a	UGC06125	Sab	2	14.36	6359	-20.43	ZSF	B	Si
U127b	CGCG241-068	SOa	-0.4	14.52	6791.5	-20.42	Z	A	No
U127c	ARK274	Sab	1.5	14.93	6726.1	-19.99	ZS	B	No
U127d	UGC06135	Sbc	3.6	12.66	6146.5	-22.06	ZS	B	Si
U128a	UGC06142	Sbc	3.7	13.60	7578.2	-21.57	ZS	B	Si
U128b	CGCG038-115	SBb	3	14.90	7604.3	-20.28	ZS	B	Si
U128c	CGCG038-116	Sab	2	14.98	7645.3	-20.21	ZS	E	Si
U129a	CGCG064-014	SBc	6	14.98	1591	-16.81	S	-	Si
U129b	NGC3547	Sb	3.3	12.54	1636.6	-19.31	ZS	E	Si
U129c	CGCG064-022	Sm	9	15.19	1357.8	-16.25	Z	E	Si
U130a	CGCG039-032	SBa	1.1	14.77	8750.4	-20.72	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U130b	CGCG039-038	S0-a	0	15.38	8633.3	-20.08	Z	E	Si
U130c	CGCG039-040	Sb	3.3	15.45	8681.5	-20.02	ZS	B	Si
U131a	UGC06216	SBa	1	13.76	5821	-20.84	S	-	Si
U131b	CGCG039-044	Sab	1.9	15.72	6951.2	-19.26	F	A	No
U131c	CGCG039-044N2	Sc	6	15.15	6920.7	-19.83	F	B	Si
U132a	CGCG185-016	SBb	3	14.62	7649.8	-20.57	Z	A	Si
U132b	LEDA213796	Sb	2.9	15.69	7230.7	-19.38	F	A	Si
U132c	NGC3569	S0	-2	14.06	7654.6	-21.13	Z	B	No
U133a	UGC06239	E	-4.9	14.39	9020.3	-21.16	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U133b	CGCG039-063	E	-4.9	15.54	8939.3	-19.99	S	A	No
U133c	CGCG039-065	Sab	1.7	14.83	9083.9	-20.73	S	A	Si
U134a	CGCG039-094	Scd	7.0	15.28	1151.9	-15.81	S	-	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U134b	NGC3611	Sa	1.1	12.41	1601.3	-19.38	Z	B	Si <sup>b</sup>
U134c	UGC6317	I	-1.0	15.43	2351.9	-17.21	F	E	Si
U135a	NGC3615	E	-4.8	13.74	6801.7	-21.19	Z	A	No
U135b	NGC3618	SABb	3	14.17	6922.6	-20.81	Z	A	Si
U135c	CGCG126-028	SABb	3.9	15.17	6777.2	-19.76	Z	E	Si
U136a	NGC3613	E	-4.6	11.65	2262.7	-20.90	Z	A	No
U136b	NGC3619	S0-a	-0.8	12.44	1784.4	-19.60	Z	A	No
U136c	NGC3625	Sb	3	12.82	2182.9	-19.65	ZS	B	Si
U137a	UGC06361NED1	Sa	0.9	14.41	7243.4	-20.66	F	A	Si
U137b	UGC06361NED2	E-SO	-2.8	14.40	7300.8	-20.69	S	-	Si
U137c	CGCG011-075	S0	-2	14.89	7327.8	-20.21	S	B	Si
U138a	CGCG126-040	SBbc	3.6	15.05	8303.7	-20.33	Z	-	No <sup>b</sup>
U138b	NGC3651	E	-4.8	13.97	7816.8	-21.27	Z	-	No
U138c	NGC3653	E-SO	-2.6	14.38	9022.7	-21.17	Z	-	No
U139a	NGC3610	E	-4.2	11.55	1975.7	-20.70	F	A	No
U139b	NGC3642	Sbc	4	11.50	1831.4	-20.59	ZS	B	Si
U139c	IC0691	Sa	0.5	12.37	1444.9	-19.21	ZS	B	Si
U140a	UGC06429	Sc	5.2	13.62	3982.5	-20.15	ZS	E	Si
U140b	NGC3668	Sbc	4	12.40	3684.1	-21.21	ZS	B	Si
U140c	ARK293	E-SO	-2.7	14.90	3878.4	-18.82	S	-	No
U141a	IC2850	Sab	2.4	13.90	6348.6	-20.89	Z	E	Si
U141b	IC2853	SBab	2	13.83	6360.4	-20.96	ZS	B	Si
U141c	IC2857	Sc	5.8	13.58	6365.5	-21.21	ZS	B	Si
U141d	IC0696	Sd	7.8	14.23	6334.1	-20.56	Z	E	Si
U141e	IC0698	S0	-1.8	13.88	6391.4	-20.92	ZS	B	Si
U141f	IC0699	Sb	3	13.37	6237.5	-21.38	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U143a	NGC3798	S0	-1.9	13.40	3678	-20.21	Z	B	Si <sup>b</sup>
U143b	NGC3812	E	-4.9	13.66	3707.5	-19.96	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U143c	NGC3815	Sab	2	13.45	3841	-20.24	Z	B	Si
U144a	NGC3817	S0-a	-0.1	13.92	6164.3	-20.80	ZSF	-	Si
U144b	NGC3819	E	-4.6	14.47	6332.1	-20.31	ZSF	A	No
U144c	NGC3822	S0	-1.6	13.76	6227.8	-20.99	Z	-	Si <sup>b</sup>
U144d	NGC3825	SBa	1.1	13.45	6447.9	-21.37	ZSF	-	Si <sup>a</sup>
U145a	IC0720	Sb	3.3	13.96	6536.2	-20.89	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U145b	CGCG068-038	Sc	4.8	15.11	6401.4	-19.69	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U145c	IC0722	Sbc	4.1	14.37	6590.5	-20.50	Z	B	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U146a	NGC3833	Sc	5.2	13.64	6121.8	-21.07	ZSF	B	Si
U146b	CGCG068-044	Sc	6	14.82	6079.8	-19.88	ZSF	E	Si
U146c	CGCG068-046	Sb	2.9	14.09	6093.9	-20.61	ZSF	E	Si <sup>b</sup>
U147a	UGC06658	SBbc	4.2	14.30	1641.2	-17.55	Z	B	Si
U147b	CGCG157-024	IB	9.9	14.78	1947.2	-17.44	Z	-	Si
U147c	CGCG157-025	Sb	3.6	15.41	1996.5	-16.87	Z	B	Si
U147d	IC2957	S0	-2.0	14.99	1963.0	-17.25	Z	B	Si
U149a	NGC3871	Sb	2.6	14.18	9829	-21.55	Z	A	Si
U149b	NGC3878	E	-4.3	13.63	10138.4	-22.17	ZF	A	No
U149c	NGC3880	E-SO	-3.4	14.44	10218.3	-21.38	ZF	A	No
U149d	NGC3881	S0-a	-0.6	14.79	9534.6	-20.88	ZF	A	No
U150a	NGC3872	E	-4.8	12.45	3156.5	-20.82	Z	A	No
U150b	CGCG068-064	S0-a	-0.2	14.98	3287.4	-18.38	Z	E	Si
U150c	UGC06758	Sbc	4.5	13.80	3186.9	-19.49	Z	B	Si
U151a	IC0736	E	-3.7	15.35	3984.4	-18.42	Z	A	Si
U151b	IC0737	S0-a	-1.4	14.59	4186.7	-19.30	Z	B	Si
U151c	CGCG068-073	Sc	4.7	14.84	4494.4	-19.19	ZSF	B	Si
U153a	NGC3900	S0-a	-0.3	12.06	1943.3	-20.16	Z	A	No <sup>b</sup>
U153b	UGC06791	Scd	6.5	13.40	1992.6	-18.87	Z	-	Si
U153c	NGC3899	Sb	3.3	12.62	1933.1	-19.58	Z	B	Si
U154a	CGCG157-081	E	-3.5	15.15	7897.3	-20.11	ZF	A	No
U154b	NGC4031	Sb	3	14.56	8003.3	-20.74	Z	B	Si
U154c	UGC06997	SABm	8.6	15	8188.7	-20.34	Z	-	Si
U155a	KUG1156+141	Scd	6.8	14.44	1534.5	-17.26	Z	-	No
U155b	IC755	SBb	3.3	12.95	1594.4	-18.83	Z	E	Si
U155c	NGC4037	Sb	3.1	12.73	1017.6	-18.09	ZS	E	Si
U155d	MRK 0756	Sbc	4.4	14.99	1567.2	-16.76	Z	E	Si
U156a	NGC4061	E	-4.9	13.51	7247.9	-21.57	ZF	A	No
U156b	NGC4065	E	-4.9	13.33	6391.9	-21.47	ZF	A	No
U156c	NGC4066	E	-4.9	13.85	7469.4	-21.30	ZF	A	No
U156d	NGC4070	E	-4.9	13.75	7319.9	-21.34	Z	A	Si
U156e	NGC4074	SOa	0.2	14.95	6967.6	-20.04	Z	B	Si <sup>b</sup>
U156f	NGC4076	Sab	2	13.87	6338.9	-20.91	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U157a	NGC4089	E	-3.8	14.41	7080.9	-20.61	F	A	No
U157b	NGC4091	Sbc	4	13.94	7767.9	-21.29	Z	A	Si
U157c	NGC4092	Sab	1.7	13.91	6840.3	-21.04	F	B	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U157d	NGC4093	Sa	1.2	14.85	7342.8	-20.25	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U157e	NGC4095	E-SO	-2.6	14.17	7232.1	-20.90	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U157f	NGC4098	Sbc	3.8	13.59	7420.9	-21.54	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U158a	NGC4108A	Sbc	3.8	13.89	2545.5	-18.91	S	-	Si
U158b	NGC4108	Sc	5.2	12.45	2834.9	-20.58	Z	B	Si
U158c	NGC4108B	SABc	7	14.18	2838.5	-18.86	ZS	E	Si
U158d	MRK197	Sab	2.2	14.66	2606.5	-18.20	S	-	Si <sup>b</sup>
U159a	NGC4131	SBa	0.6	13.78	3989.2	-20	ZF	A	No
U159b	NGC4132	Sa	0.9	14.15	4074.9	-19.68	F	-	Si
U159c	NGC4134	Sb	3.2	13.03	3982.4	-20.74	F	B	Si
U160a	IC3028	Sb	3	14.68	1367.9	-16.77	ZS	-	Si
U160b	IC0767	E-SO	-3.5	14.18	1967.7	-18.06	ZS	A	No
U160c	IC0769	Sbc	4	12.91	2289	-19.66	ZS	E	Si
U161a	UGC07196	Sbc	3.6	13.69	7196.5	-21.37	Z	A	No
U161b	CGCG098-097	S0-a	-0.9	15.13	7311.1	-19.96	ZF	A	No
U161c	UGC07210	Sa	1.2	14.58	7160	-20.47	Z	A	Si
U162a	NGC4169	S0	-1.9	13.01	3972	-20.76	F	A	Si <sup>b</sup>
U162b	NGC4174	S0-a	-0.3	14.11	3979.1	-19.67	F	A	No
U162c	NGC4175	Sb	3.2	13.16	4093	-20.68	Z	B	Si <sup>b</sup>
U163a	NGC4180	Sab	2.1	12.71	2141.3	-19.72	Z	B	Si
U163b	NGC4191	S0	-1.7	13.48	2702.6	-19.46	Z	A	No
U163c	CGCG041-050	Sb	2.9	14.27	2511.4	-18.50	F	A	Si
U164a	IC0772	Sa	0.9	14.86	6840.2	-20.09	ZF	A	No
U164b	UZC-CG164NED2	Sc	4.5	14.93	7694.4	-20.28	F	B	Si
U164c	UZC-CG164NED3	Sab	2.1	15.50	7023.2	-19.46	F	A	No
U164d	NGC4213	E	-4.9	13.24	6847.9	-21.71	ZF	A	No
U165a	CGCG158-068	Sa	1.0	15.62	7788.0	-19.61	F	A	No
U165b	CGCG158-067	E	-4.0	15.16	7834.3	-20.08	Z	A	No
U165c	UGC07374	SBbc	4.1	14.84	7793.3	-20.39	Z	-	Si
U166a	CGCG215-065	Sab	1.6	14.95	7191.8	-20.11	Z	A	No
U166b	CGCG215-064	Sc	4.5	14.82	6839.2	-20.13	Z	E	Si
U166c	CGCG215-066	Sbc	3.8	14.46	6879.8	-20.50	Z	E	Si
U167a	NGC4335	E	-4.3	13.34	4870.3	-20.87	Z	A	Si
U167b	NGC4358	S0	-1.8	14.18	4751.4	-19.97	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U167c	NGC4362	Sb	2.6	14.47	4782.9	-19.71	S	-	Si
U169a	NGC4410A	Sab	1.7	13.58	7576.4	-21.59	Z	B	Si <sup>(3)</sup>

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U169b	NGC4410B	Sbc	3.6	14	7668.9	-21.20	Z	A	Si
U169c	NGC4410C	S0-a	-0.8	14.59	7541	-20.57	ZSF	A	Si <sup>a</sup>
U169d	NGC4410D	S0-a	0.4	14.59	7007.1	-20.41	ZS	B	Si
U171a	NGC4481	Sb	2.6	14.07	2645.9	-18.82	S	B	Si
U171b	NGC4510	E	-4.8	13.81	3001.5	-19.35	Z	A	No
U171c	UGC07700	Sd	7.7	14.26	3236.8	-19.07	ZS	E	Si
U171d	NGC4512	S0-a	-0.1	12.35	2801.2	-20.66	ZS	A	Si
U174a	NGC4613	Sbc	4.2	15.44	5135.7	-18.89	Z	E	Si
U174b	NGC4614	S0-a	0	14.18	4874	-20.03	Z	B	Si
U174c	NGC4615	Sc	5.8	13.12	4881.2	-21.09	Z	B	Si
U179a	UGC08147	Sb	2.5	14.39	10190.6	-21.43	F	B	Si
U179b	UGC08148	Sb	3	14.43	10373.7	-21.42	F	A	Si
U179c	VIIZw496	S0	-2.3	14.76	10190.7	-21.05	F	B	Si
U180a	CGCG270-047	Sab	2.2	15.04	8996.6	-20.50	S	A	Si
U180b	NGC4973	Sab	2	14.82	9171.3	-20.77	S	A	No
U180c	NGC4967	S0	-2.2	14.87	9143	-20.71	S	A	No
U180d	NGC4974	S0	-2.3	14.41	9099.3	-21.16	S	A	No
U183a	CGCG044-033	Sa	1.1	14.59	6616.7	-20.29	F	B	Si
U183b	CGCG044-035	Sb	2.6	15.28	7261.6	-19.80	F	E	Si
U183c	CGCG044-036	SOa	-0.4	14.79	6441.6	-20.03	F	A	Si
U184a	CGCG044-037	Sab	1.9	15.28	6491.8	-19.56	S	E	Si
U184b	CGCG044-039	S0-a	-0.2	15.23	6522.8	-19.61	S	A	No
U184c	UGC08324	Sc	5.9	14.06	6578	-20.81	S	B	Si
U185a	NGC5056	Sc	5.9	13.14	5790.7	-21.45	Z	B	Si
U185b	NGC5057	S0	-1.8	14.29	6036.3	-20.39	F	A	No
U185c	CGCG160-180	SBab	2.4	15.14	5765.2	-19.44	Z	B	Si <sup>b</sup>
U185d	NGC5065	SABc	6.8	13.68	5735.6	-20.89	Z	B	Si
U188a	IC0871	Sb	3	14.14	6312.7	-20.64	S	A	Si
U188b	IC0873	SOa	0.2	15.10	6306.4	-19.67	S	A	Si
U188c	IC0876	SABc	5.1	14.40	6168.1	-20.33	S	B	Si
U189a	IC0875	S0	-2	13.84	3055.3	-19.36	ZS	A	No
U189b	NGC5109	Sbc	4.1	12.33	2394.8	-20.34	Z	E	Si
U189c	CGCG294-034	Sbc	4.2	14.16	2342.3	-18.47	S	E	Si
U190a	CGCG231-033N1	Sb	3.4	14.80	4871.4	-19.41	F	E	Si
U190b	CGCG231-033N2	Sbc	3.6	14.82	4928.8	-19.42	F	E	Si
U190c	MRK0251	Sab	1.9	15.76	4838.8	-18.44	F	B	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U191a	NGC5141	S0	-1.9	13.67	5427.6	-20.78	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U191b	NGC5142	S0	-1.9	14.05	5447	-20.40	ZF	A	No
U191c	NGC5143	SBcd	7	15.33	6052.4	-19.35	Z	B	Si
U192a	NGC5169	SBbc	4	14.17	2641.1	-18.71	S	-	Si
U192b	NGC5173	E	-4.7	13.29	2666.9	-19.61	ZSF	B	Si
U192c	I4263	SBcd	6.6	14.12	2944.4	-19	ZS	E	Si
U192d	CGCG246-005	Sab	2.2	14.86	2840.6	-18.18	ZS	E	Si
U192e	NGC5198	E	-4.7	12.59	2729	-20.36	Z	A	Si
U193a	NGC5171	E-SO	-3	13.49	6897	-21.48	ZF	A	No
U193b	NGC5176	E	-3.5	15.26	7164.3	-19.79	S	A	No
U193c	NGC5178	S0-a	0	14.45	6346.6	-20.33	ZSF	B	Si
U193d	NGC5179	Sab	2.3	14.40	7377.1	-20.72	ZSF	A	No
U194a	NGC5208	S0	-1.9	14.16	6847.1	-20.79	Z	A	Si
U194b	CGCG045-008	Sb	3	15.57	6902	-19.40	F	B	Si
U194c	NGC5209	E	-4.8	14.39	7131.7	-20.65	F	A	Si
U194d	NGC5210	Sa	1.1	13.64	6947.9	-21.34	Z	A	No
U194e	CGCG045-012	Sb	3	15.25	6852.6	-19.70	F	A	No
U194f	NGC5212	Sbc	3.8	15.71	7672.1	-19.49	F	E	Si
U197a	CGCG161-101	E-SO	-3.5	14.79	4950.1	-19.46	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U197b	CGCG161-102	S0-a	-1.1	14.87	4739.6	-19.28	ZF	A	No
U197c	CGCG161-109	S0-a	-1.2	15.32	4989	-18.94	ZF	A	No
U198a	UGC08657	Sbc	3.7	14.65	7092.4	-20.38	S	E	Si
U198b	CGCG045-071	SOa	-0.3	15.06	7146.8	-19.99	S	A	No
U198c	UGC08663	E-SO	-2.9	14.29	7064.9	-20.73	S	A	No
U199a	CGCG045-080	Sbc	3.9	13.67	6928	-21.31	ZS	B	Si
U199b	CGCG045-081	SABc	4.8	15.39	7065.9	-19.63	ZSF	E	Si
U199c	CGCG045-084	S0	-1.9	15.06	7016.6	-19.95	ZS	A	No
U200a	CGCG045-097	Sb	3.2	15.49	6982.7	-19.51	S	E	Si
U200b	CGCG045-099	Sab	2.1	15.16	7322.8	-19.94	S	-	Si <sup>b</sup>
U200c	CGCG045-100	Sab	1.8	14.49	7254.4	-20.59	S	E	Si
U201a	CGCG045-102	Sc	5.1	15.24	6731.4	-19.67	S	B	Si
U201b	IC0939	SO	-1.1	14.39	7140.3	-20.66	S	A	Si
U201c	IC940	Sc	6	15.19	7073	-19.83	S	B	Si
U203a	NGC5312	S0-a	0.3	14.33	4533	-19.73	Z	A	Si
U203b	NGC5318	S0	-2	13.38	4521.5	-20.67	Z	A	Si <sup>b</sup>
U203c	NGC5321	S0-a	0.1	14.83	4840.3	-19.37	Z	A	No

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U204a	CGCG045-116	Sb	2.8	14.73	9804.3	-21	F	B	Si
U204b	UGC08750NED2	Sb	2.5	16.44	9828.4	-19.30	S	A	Si <sup>b</sup>
U204c	UGC08750NED1	Sc	4.8	14.69	9959.4	-21.08	F	E	Si
U205a	IC4344	Sab	1.6	14.67	9524.5	-21	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U205b	UGC08842	Sc	4.9	14.86	8966.9	-20.68	Z	B	Si
U205c	IC4346	Sab	1.5	14.80	9164.2	-20.79	Z	A	No
U205d	IC4349	Sbc	4.2	14.31	9401.2	-21.33	Z	B	Si
U206a	IC0963	Sbc	4.2	14.86	6664.8	-20.03	Z	B	Si
U206b	IC0964	Sbc	4.1	15.16	6770.3	-19.77	Z	E	Si
U206c	IC0965	Sa	-0.6	15.01	6650.4	-19.88	Z	A	No
U207a	NGC5378	Sa	1	13.26	3218.9	-20.06	Z	A	Si
U207b	NGC5380	E-SO	-2.8	13.19	3222.7	-20.12	Z	A	No
U207c	NGC5394	SBb	3.1	13.01	3687.7	-20.60	Z	B	Si
U207d	NGC5395	Sb	3.2	11.81	3678.2	-21.79	ZSF	A	Si <sup>b</sup>
U208a	CGCG272-015	Sc	4.9	15.11	2404.9	-17.57	F	B	Si
U208b	NGC5422	S0-a	-1.4	12.72	2132.4	-19.70	Z	A	No
U208c	CGCG272-018	Sab	1.8	14.44	2177.9	-18.03	S	A	No
U209a	UGC08955	Sab	1.8	14.57	4202.4	-19.32	Z	E	Si
U209b	NGC5440	Sa	0.9	12.58	3900.5	-21.15	Z	A	No
U209c	NGC5444	E	-4.1	12.69	4202.1	-21.21	ZF	A	Si <sup>a</sup>
U209d	NGC5445	S0	-1.8	13.70	4104.6	-20.14	Z	A	No
U210a	NGC5490	E	-4.8	12.87	5170.2	-21.47	Z	A	No
U210b	IC0983	SBbc	3.9	12.42	5588	-22.09	Z	A	No
U210c	N5490C	SBbc	4	14.91	5615.1	-19.61	Z	A	No
U211a	CGCG046-068	Sbc	3.8	15.16	8151.2	-20.17	S	E	Si
U211b	IC0988	S0	-2.4	14.44	8146.2	-20.89	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U211c	IC0989	E	-4.9	13.75	7676.4	-21.45	ZS	A	Si
U212a	NGC5538	SOa	0.3	14.88	7005.6	-20.13	Z	-	No
U212b	NGC5542	Sb	3.4	14.35	7825	-20.89	Z	A	Si
U212c	NGC5543	SO	-1.6	15.01	7192.5	-20.05	Z	A	No
U212d	NGC5546	E	-4.9	13.08	7431.1	-22.05	Z	A	Si
U213a	IC0999	S0	-1.9	14.49	5885.5	-20.13	Z	A	No
U213b	UGC09167	Sa	1	14.60	5699.6	-19.95	Z	A	No
U213c	IC1000	S0	-2	14.36	5775	-20.22	Z	A	No
U213d	CGCG104-006N2	Sc	4.9	15.44	5683.3	-19.11	Z	E	Si
U214a	NGC5560	SBb	3	12.21	1813.3	-19.85	ZS	B	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U214b	NGC5566	SBab	1.5	10.80	1607.1	-21	Z	A	Si <sup>b</sup>
U214c	NGC5569	SABc	5.8	14.64	1860.1	-17.48	S	-	Si
U214d	NGC5574	E-SO	-2.7	13.13	1735	-18.84	ZS	A	No
U214e	NGC5576	E	-4.8	11.62	1564.9	-20.12	Z	A	No
U214f	NGC5577	Sbc	3.8	12.36	1570.1	-19.39	Z	B	Si
U215a	NGC5579	SABc	6	14.06	3817.6	-19.62	ZS	B	Si
U215b	NGC5588	SBa	1.1	13.97	3612.8	-19.60	ZSF	B	Si
U215c	NGC5580	S0	-2	13.31	3457.7	-20.16	ZF	A	No
U216a	NGC5598	S0	-1.9	13.91	5692.8	-20.64	ZS	A	No
U216b	NGC5603B	Sc	6	14.18	5768.1	-20.40	ZSF	A	Si <sup>a</sup>
U216c	NGC5603	S0	-2	13.85	5861.7	-20.76	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U218a	CGCG075-043	Sab	1.7	14.75	7762.9	-20.47	Z	E	Si
U218b	CGCG075-044	SOa	-0.1	14.41	8050.7	-20.90	ZF	A	No
U218c	NGC5627	S0	-2	14.19	7912.6	-21.07	ZF	A	No
U219a	CGCG163-059	Sc	4.9	15.27	4035.5	-18.53	Z	E	Si
U219b	NGC5639	Sc	5.9	13.85	3755.6	-19.80	Z	-	Si
U219c	IC4447	S0-a	-0.1	14.50	4480.4	-19.53	Z	A	Si
U220a	CGCG133-079	Sab	2.4	14.80	4391.9	-19.18	Z	B	Si
U220b	UGC09340	Scd	6.5	14.52	4719.1	-19.62	Z	-	Si
U220c	NGC5659	Sb	3.1	13.34	4673.5	-20.78	Z	B	Si
U221a	NGC5660	SABc	5.2	12.19	2581.7	-20.64	Z	E	Si
U221b	NGC5673	SBc	5.2	11.74	2341.4	-20.88	Z	E	Si
U221c	IC1029	Sb	3.1	11.10	2642.1	-21.78	Z	A	No
U221d	NGC5676	Sc	4.7	11.21	2358.5	-21.43	ZS	A	Si <sup>b</sup>
U222a	UGC9345	Sc	6.4	14.28	2410.8	-18.41	F	-	Si
U222b	NGC5661	Sb	3.1	13.62	2451.6	-19.10	ZF	B	Si
U222c	CGCG047-082	I	9.5	15.90	2507	-16.87	F	-	Si
U223a	UGC09365	SBbc	4	14.75	8514	-20.67	S	-	Si <sup>b</sup>
U223b	CGCG047-095	SO	-0.9	15.43	8731.3	-20.05	S	-	No
U223c	UGC09371	Sb	3	14.64	8825.8	-20.86	Z	A	No
U224a	NGC5682	Sb	3	13.91	2538.2	-18.88	S	B	Si <sup>b</sup>
U224b	NGC5689	S0-a	0.4	12.27	2417.5	-20.42	Z	A	No
U224c	NGC5693	Scd	6.9	13.78	2533.7	-19.01	ZS	E	Si
U224d	NGC5700	SBbc	4.2	14.42	2417.8	-18.27	ZS	E	Si
U225a	IC1041	Sab	2.3	14.42	8014.4	-20.87	S	A	Si
U225b	IC1042	S0	-1.9	14.38	8078.6	-20.93	ZSF	A	No

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U225c	NGC5718	E-SO	-3	14.04	8301.2	-21.33	ZSF	A	Si <sup>a</sup>
U225d	CGCG047-140	Sb	2.9	15.01	8344.2	-20.38	S	A	No
U226a	CGCG047-145	Sa	1.4	15.14	7779.8	-20.09	S	-	No
U226b	CGCG047-146	Sbc	4.4	15.02	7681.5	-20.18	S	-	Si
U226c	CGCG047-147	SO	-0.4	14.67	7827.6	-20.57	S	A	Si
U227a	CGCG019-084	S0-a	-1.2	14.79	2001.7	-17.50	S	B	Si
U227b	NGC5738	S0	-1.9	14.62	1822.5	-17.46	S	A	Si
U227c	NGC5740	SABb	3	11.98	1649	-19.88	S	-	Si <sup>b</sup>
U227d	NGC5746	SABb	3	10.17	1801.2	-21.88	Z	-	No
U228a	CGCG076-031	Sa	1.3	15.14	9274.2	-20.47	Z	A	No
U228b	NGC5758	E-SO	-2.9	14.47	8595.2	-20.97	Z	A	No
U228c	CGCG076-043	S0-a	-1	14.93	8699.2	-20.54	Z	A	No
U230a	IC1066	Sbc	4.4	13.55	1665.2	-18.33	ZS	B	Si <sup>b</sup>
U230b	NGC5770	S0	-2	12.98	1547.5	-18.74	Z	A	No
U230c	NGC5774	SABc	6.9	12.38	1651.8	-19.48	ZS	E	Si
U230d	IC1070	Sab	2.4	15.18	8269.4	-20.19	S	-	Si
U230e	NGC5775	SBc	5.2	11.01	1765.9	-21	ZS	B	Si
U231a	CGCG048-051	Sbc	4.1	15.28	8413.7	-20.12	ZS	E	Si
U231b	IC1068	SO	-0.5	14.56	8485.8	-20.86	S	A	No
U231c	CGCG048-058	SOa	0	16.02	8933.2	-19.51	S	A	No
U232a	NGC5794	Sa	1	14.26	4456.1	-19.76	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U232b	NGC5797	S0-a	-0.1	13.34	4294.6	-20.59	Z	A	No
U232c	NGC5804	SBb	3.1	13.45	4396.8	-20.54	ZSF	B	Si <sup>b</sup>
U233a	UGC09632	Scd	6.6	14.78	3429.6	-18.67	S	-	Si
U233b	NGC5820	S0	-2.1	13.06	3600.1	-20.49	Z	A	No
U233c	NGC5821	Sbc	4.5	14	3645.8	-19.59	ZS	B	Si
U234a	CGCG077-007	Sab	1.6	14.86	6813.5	-20.08	Z	B	Si
U234b	NGC5851	Sc	4.6	13.90	6642.9	-20.99	Z	B	Si <sup>b</sup>
U234c	NGC5852	S0-a	-0.7	14.44	6861.5	-20.52	Z	B	Si
U235a	CGCG077-006	SABc	4.8	14.56	6794.7	-20.37	Z	B	Si
U235b	UGC9712	Sc	5.9	13.89	6992.6	-21.11	Z	B	Si
U235c	UGC09721	Sc	4.6	14.91	6514.3	-19.93	Z	E	Si
U236a	CGCG021-046	Sb	3	15	8756.9	-20.49	S	E	Si
U236b	CGCG021-047	Sbc	3.8	15.80	8825.4	-19.70	S	E	Si
U236c	CGCG021-049	SOa	-0.2	14.88	8876.7	-20.63	S	B	Si
U237a	CGCG077-063	Sbc	4.4	15	8396	-20.39	Z	B	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U237b	CGCG077-068	Sc	5.8	14.72	8488.1	-20.70	Z	E	Si
U237c	CGCG077-069	Sa	0.9	14.41	8601.5	-21.04	Z	A	No
U240a	NGC5976A	SBab	2.0	15.07	3341.2	-18.33	F	-	Si
U240b	NGC5981	Sbc	4.3	12.47	2812.6	-20.55	Z	B	Si
U240c	NGC5982	E	-4.8	11.90	3226.4	-21.41	Z	A	No <sup>b</sup>
U240d	NGC5985	Sb	3.1	11.40	2799.9	-21.61	Z	A	Si <sup>b</sup>
U241a	IC4573	Sb	3.2	14.92	7323.7	-20.18	Z	B	No
U241b	IC4576	SOa	0.3	14.30	6925.2	-20.68	ZF	A	No
U241c	IC4577	Sa	1	14.99	7303.7	-20.10	ZF	A	No
U241d	IC4579	Sb	2.7	15.08	7230.7	-19.99	ZF	A	No
U242a	CGCG050-093	Sc	4.9	14.12	4154.2	-19.75	S	B	Si
U242b	CGCG050-095	Sc	6.5	14.98	3856.7	-18.72	S	E	Si
U242c	NGC5990	Sa	1.1	12.32	3919	-21.42	Z	B	Si <sup>b</sup>
U244a	CGCG338-024N1	S0	-2.3	15.40	7543.1	-19.76	F	A	No
U244b	CGCG338-024N2	S0	-2.5	15.13	7736.1	-20.08	F	A	Si
U244c	CGCG338-025	Sbc	4.2	14.65	7893.1	-20.61	F	-	Si
U244d	UGC10072	SABb	4	14.59	7951.6	-20.69	F	B	Si
U245a	UGC10045	Sb	2.6	14.09	9488.7	-21.57	S	A	Si
U245b	UGC10046NED1	E	-4.1	14.41	9832.5	-21.33	F	A	No
U245c	UGC10046NED2	SO	-2	13.82	9941.5	-21.94	F	A	Si
U246a	CGCG250-023	Sa	1.3	14.25	6064.5	-20.44	ZS	A	No
U246b	IC1152	E	-4.9	14.13	6092.5	-20.57	ZS	A	No
U246c	CGCG250-027	SBa	1.1	14.83	6234.7	-19.91	Z	A	No
U247a	CGCG319-034	Sbc	3.7	14.84	9284.8	-20.77	Z	E	Si <sup>b</sup>
U247b	UGC10115	E	-4.8	14.11	9514.5	-21.56	Z	A	No
U247c	CGCG319-037	Sc	5.1	15.34	9657.4	-20.36	F	B	Si
U248a	UZC-CG248NED1	Sa	1.1	14.99	9364.3	-20.64	S	A	No
U248b	CGCG195-011	Sa	1.5	14.80	9700.7	-20.91	S	B	Si
U248c	CGCG195-012	SBa	1.3	14.85	9664.6	-20.84	ZS	B	Si
U249a	IC4614	Sa	0.5	14.91	10055.6	-20.87	ZS	A	Si <sup>a</sup>
U249b	NGC6196	E-SO	-2.7	13.68	9650.4	-22.01	S	A	No
U249c	NGC6197	S0-a	0.2	14.88	10114.2	-20.92	S	A	Si
U250a	CGCG197-012	Sa	1.5	14.85	9696.1	-20.85	S	B	Si
U250b	CGCG197-013	S0	-2.5	14.91	9907.8	-20.84	S	A	No
U250c	CGCG197-014	Sc	5.2	14.60	9367	-21.03	Z	-	Si
U251a	CGCG225-014	Sab	2.4	14.63	8949.2	-20.91	ZS	B	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U251b	CGCG225-016	E-SO	-4	14.59	9324.1	-21.03	ZF	A	No
U251c	CGCG225-0176	Sa	1.4	14.59	9430.7	-21.06	ZF	A	No
U252a	NGC6285	S0-a	-0.8	14.49	5785.9	-20.10	F	B	Si <sup>b</sup>
U252b	UGC10646	E	-4.7	14.85	5463.2	-19.62	F	A	No
U252c	NGC6286	Sb	3	13.74	5887.9	-20.89	F	B	Si <sup>b</sup>
U254a	CGCG140-002	SOa	0.1	14.81	8851.7	-20.70	F	B	Si
U254b	UZC-CG254NED2	Sab	1.0	16.06	8960.6	-19.48	F	A	No
U254c	ARK520	Sb	2.8	14.67	8934.5	-20.86	F	B	Si
U255a	CGCG054-018	Sb	3.3	14.31	6659.9	-20.58	Z	B	Si
U255b	CGCG054-019	SOa	0.1	14.51	6698.7	-20.40	Z	A	No
U255c	CGCG054-020	Sa	0.7	14.23	6916	-20.75	Z	A	No
U256a	CGCG140-029	Sa	1.2	15.08	8932.9	-20.45	F	E	Si
U256b	CGCG140-030N1	Sa	1.4	15.51	9030.9	-20.04	F	B	Si
U256c	CGCG140-030N2	Sab	2.4	16.61	9016	-18.94	F	A	No
U257a	CGCG141-014	Sb	3	14.73	4018.4	-19.07	Z	A	No
U257b	MRK0895	SOa	-0.3	14.59	4005.6	-19.20	Z	A	No
U257c	NGC6482	E	-4.8	11.76	4078.2	-22.07	Z	A	No <sup>b</sup>
U261a	NGC6581	SO	-1.3	14.53	4691.7	-19.60	Z	A	No
U261b	IC4697	SOa	-0.3	14.02	5120.3	-20.31	Z	A	No
U261c	UGC11156	E	-4.9	13.72	4903.2	-20.51	Z	A	No
U261d	CGCG142-026	Sa	0.9	14.48	5085.7	-19.82	Z	A	No
U262a	CGCG200-017N1	E-SO	-2.5	15.02	8787.7	-20.47	F	A	Si
U262b	CGCG200-017N2	Sb	3.1	15.20	8293.2	-20.17	F	E	Si
U262c	CGCG200-018	Sa	0.6	14.85	8972.6	-20.69	F	A	No
U263a	UGC11246	Sab	2.1	13.76	4259.2	-20.16	Z	B	Si
U263b	NGC6641	Sc	4.7	13.35	4330.8	-20.61	Z	B	Si
U263c	CGCG142-051	Sc	4.8	14.47	4491	-19.57	Z	E	Si
U264a	IC1288	SBa	1	13.54	5912.5	-21.09	Z	A	Si
U264b	NGC6646	Sa	1	13.25	6011.4	-21.42	Z	A	Si
U264c	IC1289	Sb	3.4	14.67	5726.6	-19.90	Z	E	Si
U267a	CGCG257-001	Sb	2.9	14.65	8401.9	-20.74	Z	B	Si
U267b	CGCG257-002	SOa	-0.1	14.22	8285	-21.14	Z	A	No
U267c	CGCG257-003	Sab	1.7	13.91	8751.8	-21.58	Z	A	No
U270a	CGCG373-045	Sb	2.7	14.55	3965.1	-19.22	Z	E	Si
U270b	CGCG373-046	S0-a	0.3	14.37	3920.3	-19.37	F	B	Si
U270c	UGC11607	Sa	0.8	13.82	4045.8	-19.99	Z	-	Si

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U271a	NGC6956	Sb	3.1	12.56	4762.3	-21.61	Z	B	Si
U271b	UGC11620	S0-a	-0.4	13.80	4578.3	-20.28	Z	E	Si
U271c	UGC11623	Sa	1.1	14.44	4752.5	-19.72	Z	A	No
U272a	NGC6959	S0	-2	14.86	3745.7	-18.78	ZSF	A	No
U272b	NGC6961	E	-3.9	14.51	3855.3	-19.20	ZF	B	Si <sup>a</sup>
U272c	NGC6962	SABa	1.8	12.36	4275.6	-21.57	ZSF	A	Si <sup>a</sup>
U272d	NGC6965	S0	-2.1	14.14	4402.9	-19.85	S	-	Si
U272e	NGC6964	E	-4.4	13.44	3876	-20.28	ZSF	A	No
U272f	NGC6967	S0-a	-0.8	13.54	3718.6	-20.08	Z	-	Si <sup>b</sup>
U273a	CGCG425-010	Sbc	3.5	14.95	4633.9	-19.16	Z	-	Si
U273b	NGC6972	S0-a	0	13.33	4539.6	-20.73	Z	A	No
U273c	CGCG425-014	SABa	2	14.68	4508.5	-19.37	Z	B	Si
U278a	NGC7273	S0	-2.1	14.04	5258.5	-20.34	Z	A	No
U278b	NGC7274	E	-4.8	13.39	6003.7	-21.27	ZF	-	No
U278c	NGC7276	E	-4.8	14.27	6156.5	-20.45	ZF	A	No
U279a	NGC7317	E	-4.5	14.19	6767.6	-20.74	ZF	A	No
U279b	NGC7318A	E	-4.7	13.88	6844	-21.07	ZF	A	No
U279c	NGC7318B	SBbc	4	13.16	5940.2	-21.48	ZF	A	No
U281a	NGC7383	S0	-1.9	14.57	8176.2	-20.77	F	-	No
U281b	NGC7385	E	-4.8	12.72	7832.1	-22.53	Z	B	No
U281c	NGC7386	S0	-2.1	13.11	7259.2	-21.97	ZF	A	No
U281d	NGC7389	Sb	2.7	14.08	7980	-21.21	F	A	No
U281e	NGC7387	SOa	-0.1	14.51	6993.3	-20.49	F	-	No
U281f	NGC7390	SOa	-0.3	15.10	7826.8	-20.15	F	A	Si
U282a	KUG2255+258	Sbc	4.2	14.66	7233.1	-20.42	F	B	Si
U282b	NGC7436A	S0-a	-0.7	13.23	8291.8	-22.14	Z	B	Si
U282c	NGC7436B	E	-4.9	13.19	7510.9	-21.97	F	A	Si
U282d	UGC12274	Sb	3.1	13.84	7781.2	-21.40	F	A	Si
U284a	NGC7547	Sa	0.9	13.74	4862.6	-20.47	F	A	Si
U284b	NGC7550	E-SO	-3.1	12.47	5230	-21.90	Z	A	Si <sup>b</sup>
U284c	NGC7549	Sc	5.8	12.67	4775	-21.50	F	B	Si <sup>b</sup>
U286a	UGC12543	Sc	5.9	14.73	6109	-19.97	Z	E	Si
U286b	UGC12546	Sbc	4	14.15	6055.9	-20.53	Z	E	Si
U286c	UGC12545	SBc	5.9	14.28	5876.4	-20.34	Z	E	Si
U290a	NGC7769	Sb	3	11.65	4305	-22.29	Z	B	Si <sup>b</sup>
U290b	NGC7770	S0-a	0	14.08	4369	-19.90	Z	E	Si <sup>b</sup>

Tabla 2.11: continuación

Gal.	Nombre	Tipo	T	$m_{B^0}$	$V_r$	$M_{B^0}$	Arch.	ST	$E_m$
U290c	NGC7771	Sa	1.1	12.28	4375.1	-21.69	Z	B	Si <sup>b</sup>

NOTA: <sup>a</sup> Vemos líneas de emisión en los espectros de SDSS-DR4 y en los de FAST pero no en los espectros de Z-Machine. <sup>b</sup> Puesto que estas galaxias han sido ya clasificadas por otros autores, las usaremos en el apartado 6.1.1 para comparar nuestra clasificación con la ya existente.



## Capítulo 3

# REDUCCION DE LOS DATOS OBSERVADOS

Para la reducción y análisis de los datos hemos utilizado varios sistemas de reducción y análisis, siendo principalmente SIPL e IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) los más usados.

La reducción de los espectros contiene dos grandes apartados. El primero que hemos denominado pasos generales de la reducción contiene todo el procedimiento común a todos los espectros independientemente del Observatorio o instrumento, y que consiste en la sustracción de *bias*, la corrección de *flat*, calibración en longitud de onda, etc. En un segundo apartado está la reducción específica para cada instrumento.

A continuación se explican los pasos generales que hemos seguido para la reducción de los datos espectroscópicos.

### 3.1. Pasos Generales de la Reducción de Datos

#### 3.1.1. Eliminación de Efectos Instrumentales

Como primer paso en la reducción está la eliminación de efectos instrumentales presentes en los datos. Entre ellos se encuentran el nivel cero y la diferencia de respuesta en la sensibilidad de los píxeles.

##### **Substracción del nivel cero y estructura del *bias***

###### 1) *Overscan*

Debido a la electrónica de la CCD, para que no salgan valores negativos se le inyecta una corriente constante que luego hay que quitar para obtener nuestros valores reales, esto es lo que se denomina nivel cero. En cada imagen este nivel puede cambiar ligeramente debido

sobre todo a la variación de temperatura de la CCD. El *overscan* corresponde a una zona de la CCD (normalmente  $\approx 50$  columnas en el borde) que no está nunca iluminada, de forma que el valor que contienen sus píxeles es única y exclusivamente el valor del nivel cero. De esta forma, tomando la mediana (para evitar píxeles defectuosos o calientes) del *overscan* sabemos el nivel cero para cada exposición y ese es el valor que se resta. Para realizar operaciones matemáticas simples entre matrices hemos usado el programa IMARITH de IRAF.

## 2) Estructura

Al restar el *overscan* estamos restando un valor fijo pero el nivel cero puede tener estructura vertical. Para eliminar esta posible variación usamos los *bias*. Los *bias* son exposiciones con el obturador cerrado y un tiempo de exposición cero. Se hacen varios a lo largo de la noche durante todas las noches de cada campaña. El valor del nivel cero puede aumentar o disminuir a lo largo de la noche según la temperatura de la CCD pero no la tendencia espacial. Por eso, después de comprobar que todos los *bias* son similares, se les quita el nivel cero (usando el *overscan* como hemos explicado antes) y se combinan utilizando la mediana de todos ellos para eliminar posibles rayos cósmicos, construyendo los que denominamos *bias-final* que se le resta a todas las imágenes tanto de *flat-field* como objetos. Para este proceso se ha usado el programa IMCOMBINE de IRAF.

En algunos casos, los detectores CCD que tienen los instrumentos no poseen *overscan*, en ese caso las correcciones del nivel cero y estructura se han hecho directamente con los *bias* y en vez de hacer un *bias-final* para toda la campaña se ha hecho uno para cada noche.

A modo de ejemplo se muestra en la Figura 3.1a una imagen de un *bias* individual y en la Fig 3.1b la imagen del *bias-final* que corresponde a la combinación por mediana de todos los *bias* observados en una campaña después de la sustracción del nivel cero. Como puede verse, en este caso existe un ligero gradiente a lo largo de la CCD que está también presente en los espectros.

## Corrección de sensibilidad: Flat-field

La sensibilidad de los píxeles del chip CCD no es uniforme sino que presenta pequeñas variaciones. Para corregir este efecto se obtienen exposiciones iluminando la CCD con una fuente emisora uniforme de manera que las variaciones se deben sólo a la falta de uniformidad en la respuesta de los píxeles del detector. En este apartado explicamos como se ha tenido en cuenta la diferencia de respuesta de los píxeles.

Para cuantificar este efecto se utilizan los denominados campos planos o *Flat-field*. En este trabajo hemos utilizado dos tipos: *Flat-fields* de cielo tomados al atardecer y/o amanecer con todas las rendijas usadas, tanto de las galaxias como de las estrellas, y los internos del instrumento que se toman también para todas las configuraciones y consiste en una lámpara de Cuarzo (que no tiene líneas espectrales) situada en el interior del instrumento.

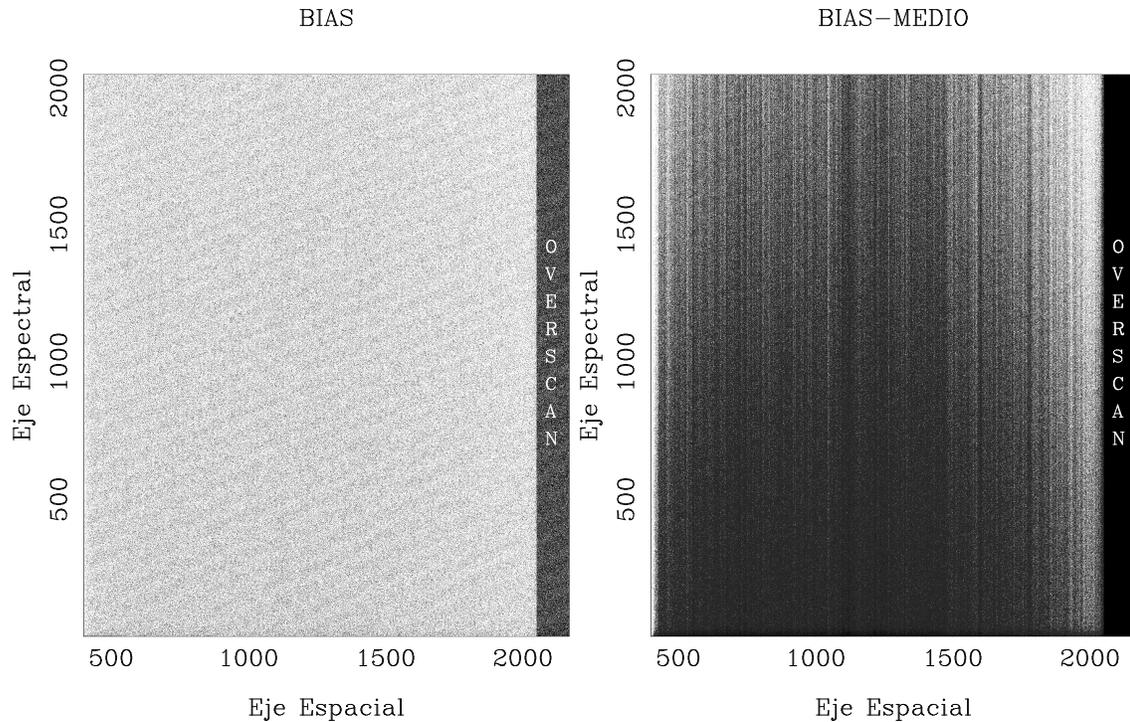


Figura 3.1: La Figura 3.1a (izquierda) muestra un *bias* original después de restarle la mediana del *overscan* y la Figura 3.1b (derecha) muestra la combinación de todos los *bias* de la campaña (*bias-final*) con mediana cero.

Los primeros sirven para corregir posibles efectos de variación de la iluminación a lo largo de la rendija. Estos son importantes sobre todo cuando observamos más de un objeto en la rendija como son algunas de las observaciones del ORM y CAHA.

Los segundos son los que sirven para corregir las distintas sensibilidades que tengan los píxeles de la CCD. En cada noche y campaña se hacen varias series con la misma configuración instrumental de los objetos. Normalmente para obtener una buena señal a ruido se toman al menos 20 exposiciones con diferentes tiempos y para cada configuración, es decir, con cada una de las rendijas utilizadas y para cada red de dispersión.

Lo primero que hacemos con los *flats* es quitarles el nivel cero usando el *overscan* y quitar la estructura con la imagen de *bias-final*; luego, como tenemos *flats* con muy distintos tiempos de exposición, se normaliza cada uno para que tengan mediana 1, y por último combinamos los que tienen la misma configuración instrumental, usando la mediana para no añadir ningún valor extremo como píxeles calientes y porque la mediana es un estimador más robusto del valor de la combinación. Esto lo hacemos tanto para los *flat* de cielo como los internos. La combinación de los *flats* internos le llamaremos *I-flat* y a la combinación de los *flats* de cielo les llamamos *C-flat*.

Para obtener la variación de sensibilidad que tengan los píxeles en función de su posición

en la CCD se usan el *I-flat*. Primero hay que quitarle la respuesta espectral de la lámpara utilizada como luz incidente. Para todo este procedimiento hemos utilizado, de forma interactiva, el programa RESPONSE de IRAF, con la siguiente secuencia:

- 1) se suman todas las secciones espaciales, paralelas al eje espectral.
- 2) se elige la zona útil, eliminando los bordes, y se realiza un ajuste del espectro resultante a una función que mayoritariamente suele ser polinomios de legendre o chebyshev.
- 3) se construye el espectro bidimensional donde cada línea espacial corresponde a la función ajustada y que da cuenta de la forma espectral de la lámpara a través de cada una de las redes utilizadas.
- 4) se divide la imagen original del flat entre este espectro, eliminando así la respuesta artificial introducida por la lámpara de cuarzo.

La imagen de salida es un espectro bidimensional con un factor de corrección para cada píxel y que llamaremos *I-flat-out*.

Dividiendo todos los espectros de los objetos y las estrellas, entre esta imagen, se corrigen de la distinta sensibilidad píxel a píxel.

Usando ahora el *C-flat* corregiremos del efecto de iluminación a lo largo de la rendija. Primero corregimos la sensibilidad de cada píxel con el *I-flat-out* que acabamos de sacar del programa RESPONSE y luego utilizamos el programa ILLUMINATION de forma interactiva que consiste en:

- 1) se divide el espectro bidimensional en varios intervalos espectrales, cuantas más secciones más precisa será la corrección.
- 2) para cada intervalo en longitud de onda se suman todas las secciones espectrales, paralelas al eje espacial.
- 3) se ajusta a una función que puede ser de polinomios de legendre o chebyshev.
- 4) se reconstruye el intervalo bidimensional donde para cada longitud de onda del intervalo tenemos la función ajustada.
- 5) esto se hace para todos los intervalos que hemos definido al principio.
- 6) se suman todos los intervalos y recuperamos el espectro bidimensional donde para cada longitud de onda se muestra la diferencia en iluminación.

Lo que sale de este programa lo llamamos *C-flat-out*. Así finalmente construimos nuestro *Flat-final* multiplicando el *I-flat-out*, que nos da la sensibilidad píxel a píxel, con el *C-flat-out* que nos da la diferencia en iluminación. Esto se realiza para cada configuración instrumental.

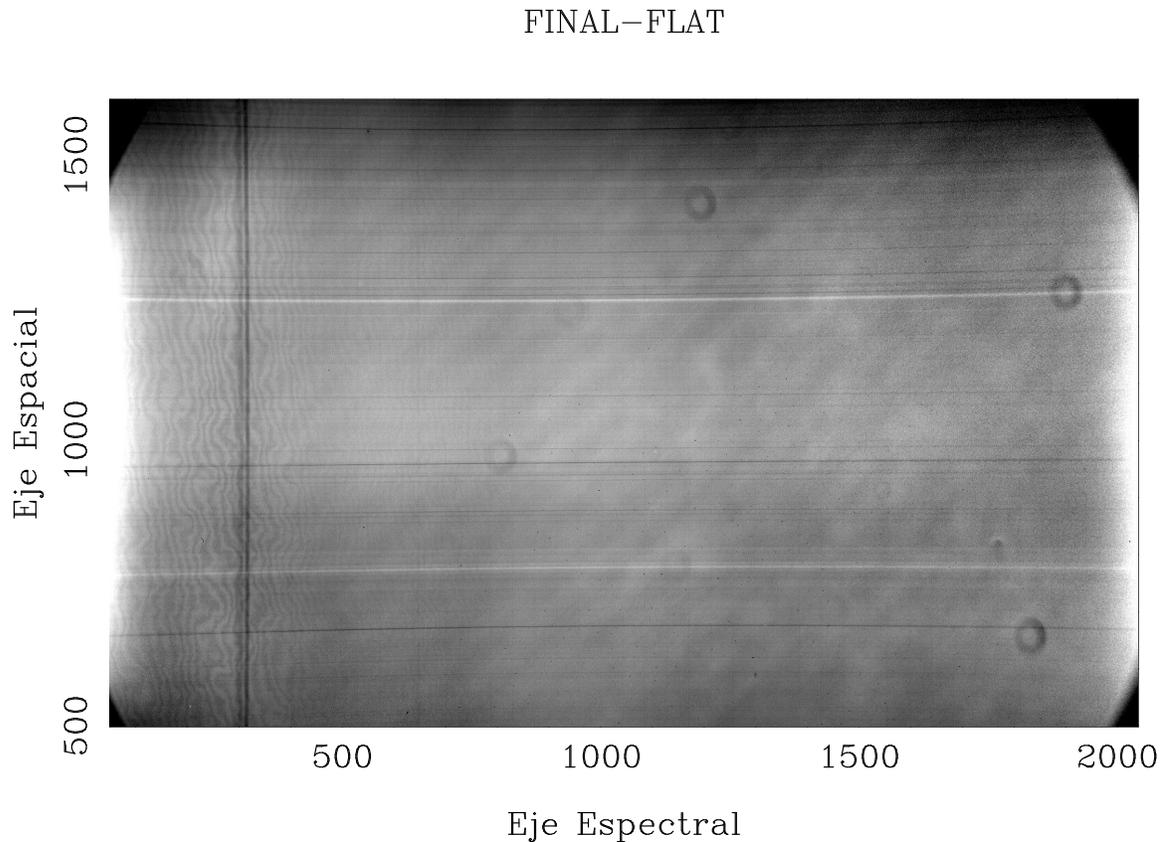


Figura 3.2: Aquí se muestra el *Flat-final* con el que corregimos de la respuesta del píxel para todos los objetos observados con la red G100 y la rendija de 2 segundos de arco de anchura en CAHA.

Mientras que en los datos del ORM, SPM y OSN, se han construido dos *Flat-final*, uno para las galaxias y otro para las estrellas, en el caso de las observaciones de Calar Alto se han construido cuatro *Flat-final*, dos por cada red (B100 y G100) y dos por cada rendija (2" y 10"). En la Figura 3.2 mostramos el *Flat-final* para la campaña de Noviembre de 2004 en CAHA para la rendija de 2" y la red G100.

### Eliminación de Rayos Cósmicos y Combinación de Espectros

En el caso de los espectros reducidos bidimensionalmente (CAHA y ORM) después de quitarles el *bias* y el *overscan* se combinan las distintas exposiciones de cada objeto para quitar rayos cósmicos o los píxeles calientes electrónicos y aumentar la S/N. En el caso de los espectros reducidos unidimensionalmente (SPM y OSN) hay que extraer los espectros antes de combinarlos para sacar el espectro final como explicamos en el siguiente capítulo.

En el primer caso, antes de combinar cortamos los datos (IMCOPY), quedándonos sólo con la parte útil del espectro. En el eje espacial dependerá del tamaño de la rendija, y en el eje espectral de la respuesta de cada red utilizada y el rango espectral de interés. También rotamos los espectros, utilizando IMTRANPOSE, para que el eje espectral sea el de abscisas. Para la combinación de los espectros bidimensionales usamos IMCOMBINE que tiene en cuenta el tiempo de exposición de los espectros. Con esto conseguimos:

- una imagen con mayor señal a ruido, necesaria para una buena clasificación de los núcleos.
- se eliminan los rayos cósmicos fácilmente utilizando una simple mediana para combinar. Además, puesto que la mediana es un estimador estadístico robusto y el flujo es proporcional al tiempo de exposición, cuando combinamos espectros que tienen distinto tiempo de exposición escalamos el flujo a la mediana.

En el caso de las observaciones de SPM y OSN, antes de extraer los espectros unidimensionales y combinarlos, como explicaremos en el Apartado 3.2, hemos quitado los rayos cósmicos con dos programas COSMICRAY y IMEDIT. Para usar COSMICRAY es imprescindible elegir un umbral por encima del cuál estarán los rayos cósmicos. Para ello calculamos la sigma del fondo y le damos al umbral cinco veces el valor de la sigma. Como este es un programa interactivo, podemos luego cambiar este umbral en función del resultado. Además también se pueden marcar y eliminar individualmente los rayos cósmicos, que aparecerán como puntos con un flujo muy alto y una relación con el fondo muy pequeña, de esta forma no confundiremos rayos cósmicos con líneas de emisión. Por su parte, IMEDIT nos permite quitar aquellos rayos cósmicos que no han sido eliminados con el programa COSMICRAY u otros rasgos prominentes como líneas intensas de cielo. Este programa nos permite seleccionar una zona del espectro y sustituirlo por un valor fijo o por el valor de las zonas circundantes. Una vez que ya no tenemos rayos cósmicos en los espectros bidimensionales, ya podemos extraer los espectros unidimensionales y combinarlos.

En la Figura 3.3 mostramos un ejemplo de un espectro original y debajo el resultado después de cortar, rotar y combinar las otras exposiciones de este objeto y eliminar los efectos . En este caso el ejemplo corresponde a la observación de las galaxias H80b y H80d tomadas con la red GR4 y una rendija de 1 segundo de arco en el telescopio del NOT. Esta red es sensible hasta  $9000\text{\AA}$  y debido a la atmósfera, no captará nada por debajo de los  $3200\text{\AA}$ . Como ya hemos visto esta red tiene una dispersión de  $3\text{\AA}/\text{píxel}$ , y la parte útil son 1740 píxeles. Como nuestra CCD tiene 2048, hay que cortar para que luego la calibración en longitud de onda no nos de problemas, debido a extrapolaciones en una zona tan amplia sin líneas de calibración. En la Figura 3.4 se muestra otro ejemplo pero en este caso tomadas con la red G100 y con una rendija de  $1.5''$  en el 2.2m de CAHA.

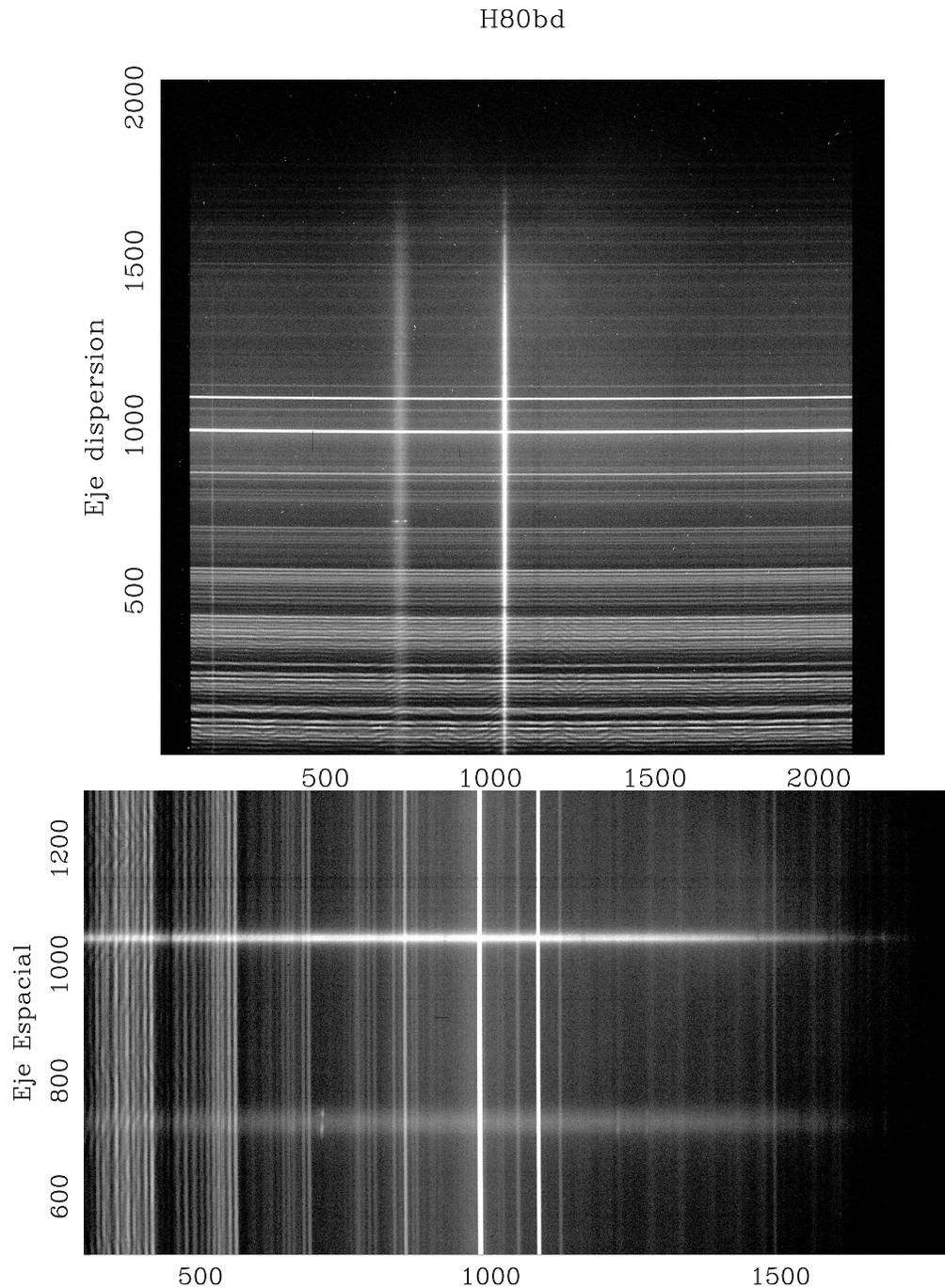


Figura 3.3: En la parte superior de la figura se muestra el espectro bruto de las galaxias HCG80b y HCG80d observado en la CCD con la red GR4 en el espectrógrafo ALFOSC del NOT y una rendija de  $1''$ . En la parte inferior se muestra el mismo espectro una vez le hemos quitado el nivel cero, el *bias*, lo hemos cortado dejando únicamente la parte útil tanto espacial como espectralmente, se ha rotado y se han combinado las tres exposiciones que se hicieron de estas galaxias con la misma configuración instrumental, lo que nos ha permitido eliminar los rayos cósmicos y aumentar la relación S/N. La zona azul del espectro está a la derecha y el rojo a la izquierda.

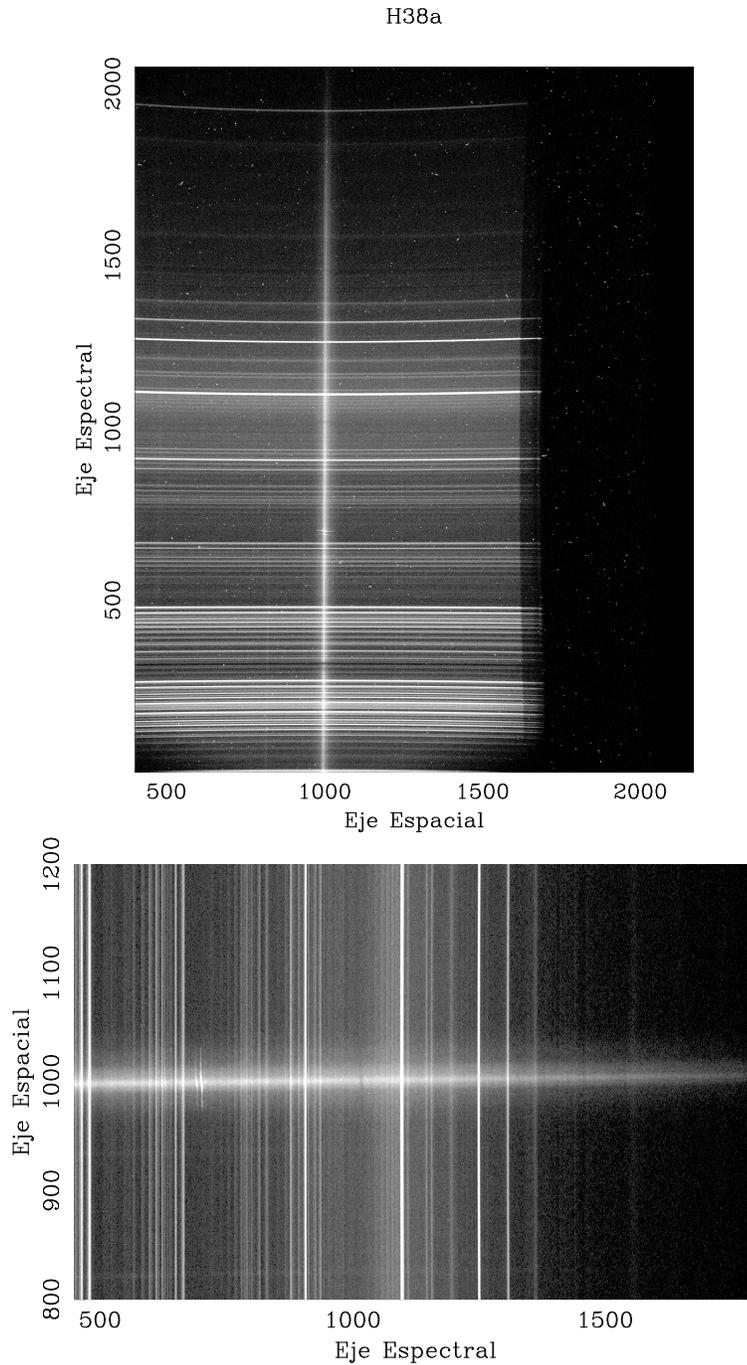


Figura 3.4: En la figura de arriba se muestra el espectro de la galaxia H38a según se observa en la CCD con la red G100 de CAFOS, donde se aprecian los pixeles calientes y rayos cósmicos. La figura de abajo muestra el mismo espectro una vez le hemos quitado el *overscan*, el *bias*, lo hemos cortado dejando únicamente la parte útil tanto espacial como espectralmente, se ha rotado y se han combinado las tres exposiciones que hicimos de esta galaxias con la misma configuración instrumental, que permite eliminar los rayos cósmicos y aumentar la relación S/N.

### 3.1.2. Calibraciones

Las unidades originales de los espectros son píxeles y número de cuentas por píxel. Esto hay que traducirlo a  $\text{\AA}$  y unidades físicas de flujo como son  $\text{erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{\AA}^{-1}$ . En la primera parte se transforma el eje de dispersión de píxeles a  $\text{\AA}$  definiendo así el rango espectral y en la segunda se hace la transformación de cuentas a flujo absoluto.

#### Calibración en longitud de onda

Un arco es el espectro de una lámpara patrón, de uno o varios elementos de los que se conoce muy precisamente la longitud de onda de sus líneas de emisión. Las lámparas de calibración que poseen los espectrógrafos tienen líneas en emisión bien identificadas en la zona en la que estamos estudiando nuestros objetos. Los arcos son los que nos van a permitir transformar el eje de dispersión de píxeles a unidades de longitud de onda (esto es  $\text{\AA}$ ). Estos son los pasos que se han seguido para las calibraciones:

- Primero se extrae una sección espacial del espectro y con las líneas tabuladas características de las lámparas utilizadas, se identifican las líneas de nuestro arco (para ello hemos utilizado el programa IDENTIFY).
- Con las líneas identificadas en el espectro unidimensional, se ajusta la función que da cuenta de la relación de transformación de píxeles a longitud de onda.
- A continuación se hace el mismo procedimiento anterior pero para todas las secciones espaciales del espectro bidimensional (programa REIDENTIFY) y utilizando, como solución de partida, la función ajustada en el paso anterior.
- Una vez identificadas todas las líneas espectrales en cada sección espacial, el siguiente paso es ajustar una función bidimensional tanto en la dirección espectral como en la espacial (programa FITCOORDS). Este paso es imprescindible porque existen efectos debidos a la óptica del instrumento que hacen que haya diferencias de posición de las líneas del arco en las diferentes secciones espaciales e incluso efectos de curvatura hacia los extremos del espectro como puede verse en la Figura 3.5a.
- Por último, hacemos la transformación de píxeles a longitud de onda fijando la longitud de onda inicial y la dispersión en  $\text{\AA}$  por píxel (programa TRANSFORM). Con este paso conseguimos dos cosas: 1) transformar de píxeles a  $\text{\AA}$  y 2) corregir la curvatura del espectro.

En la Figura 3.5a mostramos un ejemplo de una exposición de arco tal como se observa en el telescopio, en este caso el NOT usando la red GR4, en la Fig. 3.5b el obtenido después de la calibración del eje de dispersión donde aparte del rango espectral se ve claramente como ha desaparecido la curvatura de las líneas.

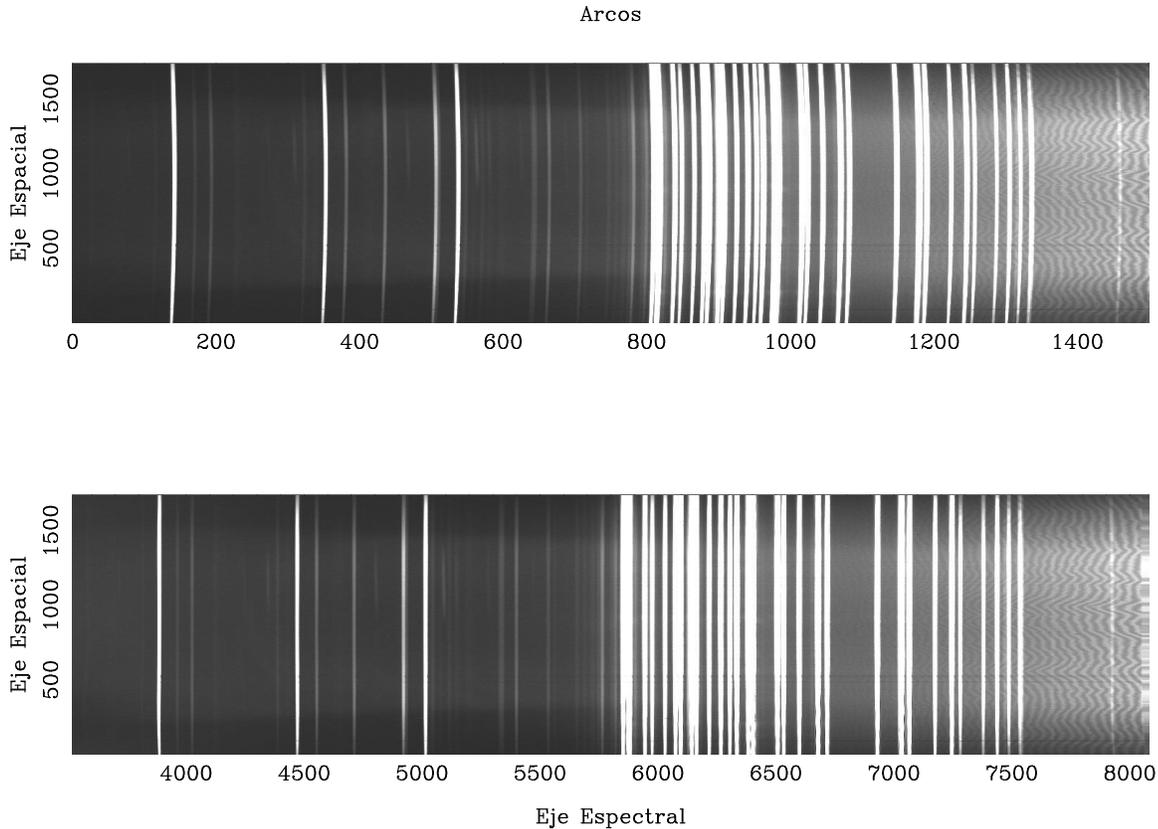


Figura 3.5: En la parte superior se muestra un arco observado con la red GR4 antes de calibrar. La figura de abajo se muestra el arco después de calibrar en longitud de onda.

Una vez realizado este proceso y dado que tenemos una exposición de arco para cada objeto, se le aplica a cada galaxia y estrella de calibración un flujo, su correspondiente corrección con el programa TRANSFORM. Una vez efectuado este paso, se comprueba la calibración. Para todos los procedimientos de comprobación y representación, se ha utilizado el sistema SIPL, tanto en este apartado como en los otros procesos de la reducción de datos.

### Calibración en flujo

Para la calibración en flujo se utilizan las observaciones realizadas cada noche de las estrellas espectrofotométricas. Estas son estrellas de las que se conoce la distribución espectral de energía y con espectros de buena resolución, que nos dan para cada longitud de onda el flujo absoluto correspondiente. Antes de utilizarlas, al igual que para el caso de las galaxias, hay que quitarles los efectos instrumentales (*overscan*, *bias*, *flat-field*) y calibrarlas en longitud de onda.

Una vez realizados esos pasos, la calibración en flujo se realiza de la siguiente forma:

Primero extraemos todo el flujo de la estrella quitando la contribución del cielo, utilizando el programa APALL. Puesto que las estrellas son puntuales su espectro se obtiene sumando espacialmente todas las secciones en las que existen datos. Las estrellas han sido observadas con una rendija de 10 segundos de arco en CAHA, ORM y OSN para no perder nada del flujo. En el caso de SPM, se observaron con la misma anchura de rendija que las galaxias, por lo que la calibración tiene un error mayor en flujo absoluto y consideramos que están en flujo relativo. Esto no impide la clasificación espectral ya que ésta sólo depende de la relación entre líneas de emisión.

Para quitar el cielo en la exposición de las estrellas se elige dos zonas a cada lado del espectro de la estrella y se ajusta a una función que después se sustrae al espectro original.

El siguiente paso es comparar con los valores observados de flujo estándar de estas estrellas, es decir, el flujo correspondiente a cada longitud de onda con los valores de las cuentas observadas en el mismo rango en nuestras observaciones. Para esta comparación se utilizan las tablas tabuladas de la bibliografía de flujos absolutos con mayor resolución existente para cada estrella. En algunas de nuestras estrellas esta información se obtuvo de las observaciones realizadas por el telescopio espacial Hubble, y en otras de las tablas de las listas de Oke (1990); Hamuy et al. (1992, 1994) y la de Massey et al. (1988). Estas listas suelen traer los valores en magnitudes así que las transformamos previamente a flujos:

$$F_{\nu} = F_{\nu_0} \cdot 10^{-0,4 \times \text{mag}}$$

Donde  $F_{\nu_0}$  es el flujo a magnitud cero correspondiente al de Vega a  $5556\text{\AA}$ , que se toma como referencia y que tiene una magnitud de 0.048 o lo que es lo mismo

$$F_{\nu_0} = 3,53 \cdot 10^{-20} \frac{\text{ergs}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Hz}}$$

A continuación, definimos las ventanas en el continuo de las estrellas para comparar entre el número de cuentas/seg y el flujo real en ese intervalo, para esto usamos el programa STANDARD. Este comando te permite definir tantas ventanas como sea necesario para que el muestreo sea suficiente. Este proceso se realiza para cada una de las estrellas espectrofotométricas observadas cada noche.

Una vez realizada la transformación anterior para cada estrella, ya podemos obtener la curva de sensibilidad del sistema, es decir, la función que nos permite transformar a flujo real. Para ello se corrige previamente cada estrella del efecto de la extinción atmosférica, con la curva de cada observatorio y la masa de aire, y entonces se calcula la función de respuesta en cada red utilizando todas las estrellas observadas cada noche, con el programa SENSFUNC. Si disponemos de observaciones de una misma estrella varias veces en una noche podemos hacer un cálculo más fino de la curva de extinción y calcular mejor para cada masa de aire la extinción por longitud de onda. Esta nueva extinción puede diferir

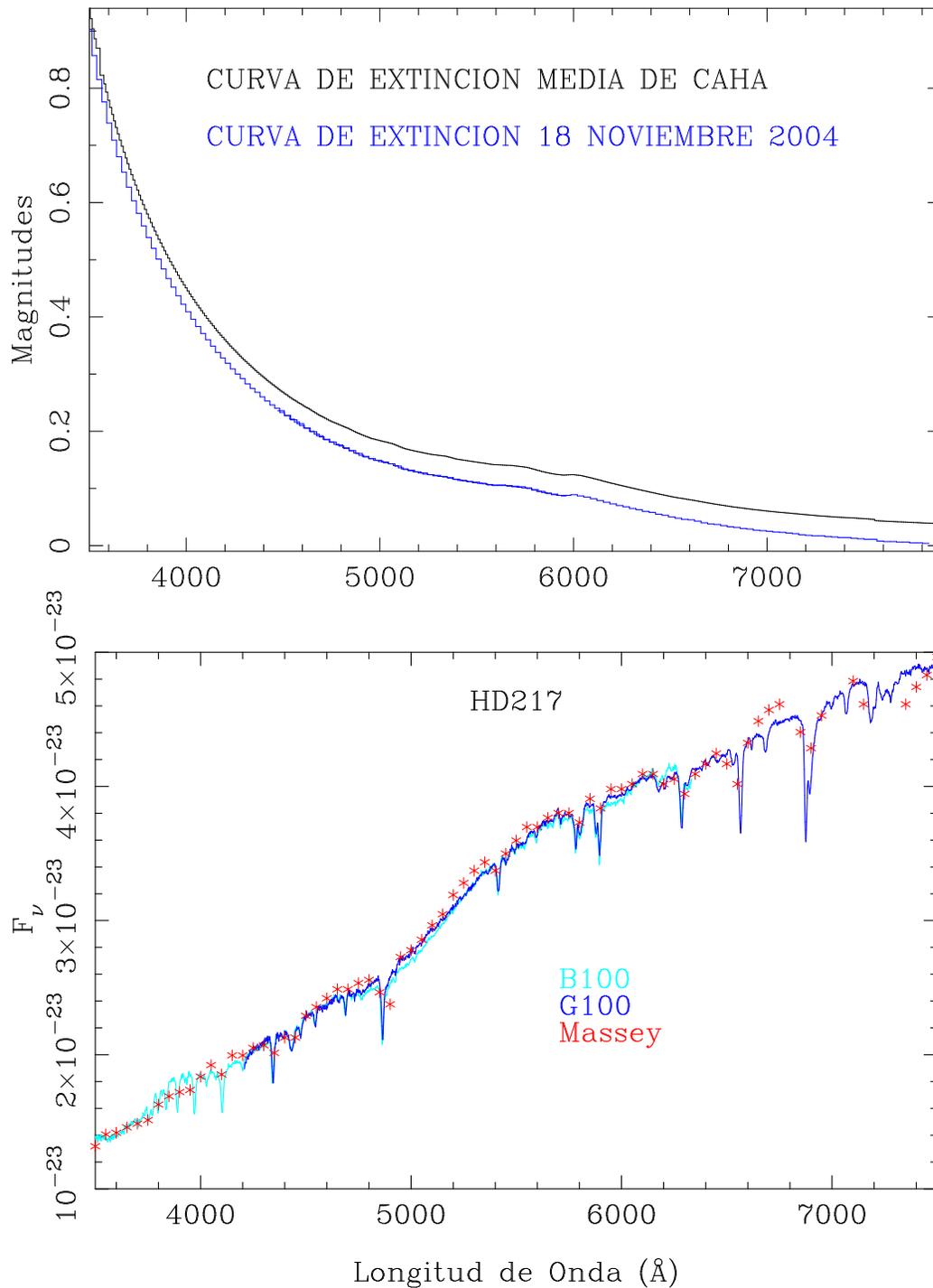


Figura 3.6: En la figura superior se muestra la curva de extinción obtenida a lo largo de una noche y la media de todo el año correspondiente al observatorio. En la figura inferior se muestra en línea continua azul y verde (G100 y B100 respectivamente) el espectro de HD217 obtenido tras la calibración en unidades absolutas de flujo ( $F_\nu$ ) y solapadas las dos redes utilizadas. Los asteriscos muestran los valores tabulados en la bibliografía por Massey et al. (1988) para esta estrella espectrofotométrica.

ligeramente de la dada por el observatorio. En la Figura 3.6a mostramos la diferencia entre la curva de extinción de CAHA y la obtenida por nosotros en una noche de observación concreta. Con la curva de sensibilidad obtenida y la corrección que nos da la nueva curva de extinción se calibran en flujo las galaxias con el programa CALIBRATE.

El paso intermedio es la comprobación de que la curva de sensibilidad obtenida es correcta. Para ello calibramos las propias estrellas con la curva media obtenida y comprobamos que las estrellas observadas, una vez calibradas coincidan con los datos tabulados

En la Figura 3.6b se muestra una estrella calibrada en flujo y los datos de la bibliografía. El color verde corresponde a la red B100, el color azul corresponde a la red G100 y los asteriscos rojos indican los valores existentes tabulados de la estrella. Como vemos, ambas redes solapan bien y los valores se ajustan con un error menor del 1%. Esto se ha conseguido gracias a la técnica de observación de varias estrellas espectrofotométricas por noche y cada una de ellas más de una vez la misma noche.

### 3.1.3. Alineación Espacial y Sustracción del fondo de cielo.

El efecto de curvatura espacial del espectro bidimensional puede deberse a varios factores, como que la rendija no esté perfectamente alineada Norte-Sur, que no esté paralela a la CCD o a efectos de la óptica del espectrógrafo. Es un efecto que es imprescindible corregir si queremos analizar de forma bidimensional los espectros, puesto que para estudiar tanto la contribución del núcleo, donde sumaremos varias secciones espaciales, como para el análisis espacial del espectro (extensión de las emisiones, curvas de velocidad,...) la alineación espacial debe ser perfecta ya que en caso contrario podríamos estar sustrayendo diferentes partes de la galaxia en los distintos rangos espectrales.

Para llevar a cabo estos dos procedimientos, que se hacen simultáneamente, hemos utilizado el programa APALL con el que primero eliminamos la contribución del cielo, luego alineamos el espectro en la dirección espacial, y por último seleccionamos la zona espacial donde se encuentra cada galaxia y que vamos a estudiar. Es decir, que si hemos observado dos objetos en la misma rendija es ahora cuando se separan:

Para eliminar la contribución del fondo de cielo, al igual que en las estrellas, elegimos dos regiones espaciales suficientemente alejadas para que no haya contribución de la galaxia, a cada lado de la misma y a continuación se define la traza del objeto. Como se ve en Figura 3.7a donde se muestra el espectro bidimensional de HCG93a calibrado ya en longitud de onda pero aún con el efecto de la curvatura espacial, la galaxia no sigue una traza recta y es necesario calcular la función que se ajusta a la traza de cada objeto (que dependerán de la posición en la rendija) para después corregir la curvatura alineando así el espectro como se ve en la Figura 3.7b, lo que ya nos permite realizar el análisis de los datos.

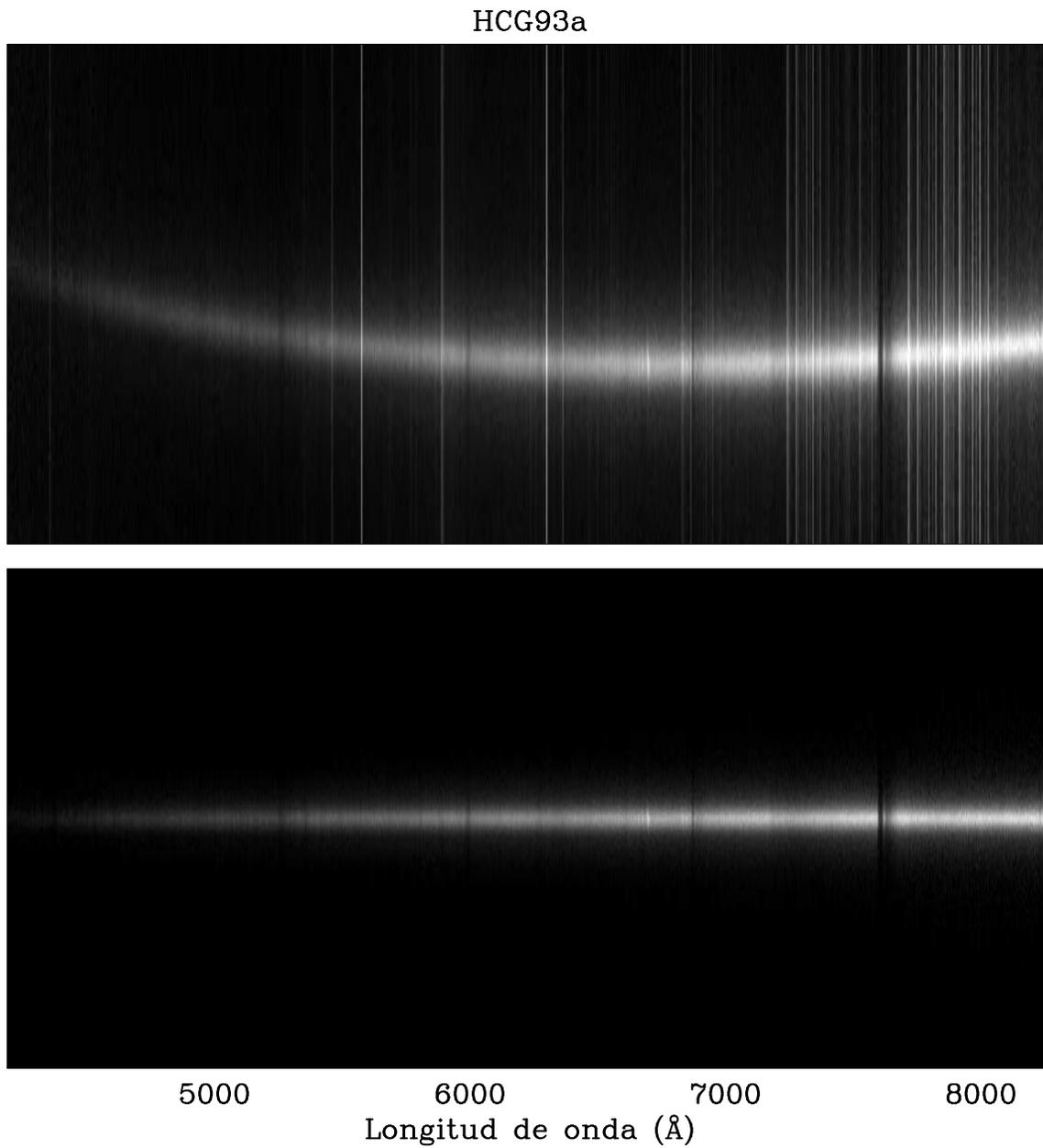


Figura 3.7: En la figura superior se muestra el espectro ya calibrado en longitud de onda y en flujo de H93a. La curvatura observada se elimina con todos los pasos explicados en el Apartado 3.1.3 y tras este proceso se obtiene el espectro bidimensional sin la contribución del cielo y alineado en la dirección espacial, como se ve en la figura inferior.

## 3.2. Aplicación sobre los datos Observados

### Reducción de los datos de CAHA

En la reducción de los datos hemos usado todos los pasos descritos anteriormente (Apartado 3.1) es decir, primero restar la mediana del *overscan*, que se encuentra en la zona [2047:2168,\*], y el *bias-final* con mediana cero y cortar los espectros para tener sólo la parte útil. En el caso de la red B100 esa zona está en la región de píxeles [500:1600,1:1350] y en el caso de la G100 en [500:1600,500:2000]. El primer rango, que corresponde a dirección espacial, es el mismo para las dos redes porque es el largo de la rendija, mientras que el segundo rango, que es el eje de dispersión, se calculó según la calibración en  $\lambda$  de los arcos. Una vez cortados se rotaron los espectros, se corrigieron de *Flat-final* y se combinaron todas las exposiciones de una misma galaxia para aumentar la S/N y quitar los rayos cósmicos.

De la calibración en longitud de onda obtuvimos para la red B100 un rango espectral de 2800Å a 6300Å con una dispersión de 2Å/px, mientras que para la G100 el rango va desde 4200Å a 8000Å con la misma dispersión. Se calibraron los espectros en flujo siguiendo el procedimiento descrito en la Sección 3.1.2 y finalmente alineamos el espectro y quitamos las líneas de cielo.

Para la extracción del espectro unidimensional nuclear de cada galaxia se ha utilizado una apertura fija de 1 kpc y en los casos dudosos o con una S/N baja, se ha usado otra mayor calculada en cada caso teniendo en cuenta la extensión de la emisión en el espectro bidimensional.

### Reducción de los datos de ORM

En este caso la zona del *overscan* ha cambiado de unas campañas a otras debido al cambio de CCD en el 2003. Las primeras campañas disponían de la CCD#7 con *overscan* en la región [2052:2102,\*] y las campañas posteriores disponen de la CCD#8 con el *overscan* e los dos extremos de la CCD en las zonas [1:50,\*] y [2098:2198,\*].

La parte útil con la CCD#7 es finalmente de [20:2020,250:1500] para la GR4 y [20:2020,2:1300] para la GR8 y con la CCD#8 es de [220:1960,300:1800] con la GR4, que es la única que se ha usado con esta CCD.

Para la reducción se han seguido todos los pasos generales ya descritos anteriormente de corrección de *bias*, *flat*, calibración en  $\lambda$  y en flujo absoluto. Con las configuraciones empleadas se obtuvieron para la red GR4 un rango espectral de 3600Å a 8000Å con una dispersión de 3Å/px y para la red GR8 un rango espectral de (5825Å -8350Å) con una dispersión de 1.24Å/px.

Dadas las características del espectrógrafo ALFOSC y el telescopio NOT, estas observaciones tienen una muy buena resolución espacial (0.19"/px) que junto con las excelentes

condiciones de *seeing* del telescopio hacen que se puedan determinar bien las zonas nucleares. Teniendo en cuenta el *redshift* de las galaxias observadas y las características anteriores, se ha utilizado siempre, una apertura de 1 kpc para la extracción del espectro unidimensional.

### Reducción de los datos de SPM

A continuación explicamos de forma algo más detallada como se ha realizado la segunda parte de la reducción de estos espectros. Tras la extracción del *overscan*, que se encuentra en [1025:1072,\*], y de la zona útil de la CCD, que está en la región [1:1024,50:350] y que implica un rango espectral de 4000Å a 8000Å con una dispersión de 4Å/px, realizamos la corrección de otros efectos instrumentales. En este caso no se necesita la corrección de iluminación por tener sólo un objeto en cada rendija.

Dado que aquí no se puede calcular imágenes medianas de todas las exposiciones de un mismo objeto para quitar los rayos cósmicos, como hemos hecho con los datos de CAHA y ORM, se utilizaron los programas COSMICRAY e IMEDIT en cada exposición para eliminarlos y poder así extraer el espectro unidimensional de cada objeto antes de realizar la calibración en longitud de onda y en flujo. Como cada galaxia tiene varias exposiciones, de cada exposición extraemos la misma apertura (determinando previamente en cada exposición el centro ya que puede estar ligeramente desplazado). Luego se sustrae el fondo de cielo usando regiones similares para las tres exposiciones así como la misma función de ajuste. Una vez obtenido el espectro unidimensional individual se pasa a la calibración en  $\lambda$ .

En las observaciones de SPM, se tomó un arco antes o después de cada exposición de un objeto (ya fuera galaxia o estrella espectrofotométrica) de manera que cada exposición tiene un arco asociado, del que extraemos una sección unidimensional exactamente igual a la apertura utilizada en la exposición asociada. De esta forma, se calibra en longitud de onda cada exposición del objeto unidimensionalmente tanto de las galaxias como de las estrellas espectrofotométricas.

La calibración en flujo se ha realizado como se explicó en el apartado 3.1.2, con la diferencia de que en este caso las estrellas fueron observadas con una rendija de 3" en vez de con una de 10", esto quiere decir que hay una pequeña pérdida de flujo debido a las "alas" de la PSF (del inglés, Point Spread Function) cuando el *seeing* no es muy bueno ya que no entró todo el flujo de la estrella y por lo tanto, hemos considerado en el análisis que la calibración es en flujo relativo.

Una vez corregidos los efectos instrumentales y calibrados todos espectros individuales, se suman los espectros unidimensionales extraídos de cada exposición, para obtener el espectro final de cada galaxia.

### Reducción de los datos del OSN

Dado que la CCD en el espectrógrafo Albireo no tiene zona de *overscan* y que por lo tanto en estos espectros no tenemos información sobre el nivel cero del *overscan*, durante todas las noches de observación se intercalaron exposiciones de *bias*. Se comprobó que no existían variaciones de nivel cero a lo largo de cada noche. En estas observaciones se ha construido un *bias-final* para cada noche.

La reducción de los datos del OSN es muy similar a la realizada para los espectros de SPM, con la única diferencia de que en estos espectros es posible hacer la calibración en longitud de onda de forma bidimensional para luego extraer los espectros unidimensional, combinarlos y por último realizar su calibración en flujo.

Los espectros del OSN tienen un rango espectral va desde 3600Å a 7300Å con una dispersión de 2Å/px. Para extraer el espectro unidimensional se intentó que la apertura fuera lo mínimo posible pero teniendo en cuenta la información bidimensional, es decir, la zona espacial (en kpc) que ocupan las emisiones centrales. A diferencia de los espectros de SPM, estos espectros si están calibrados en flujo absoluto ya que las estrellas espectrofotométricas se observaron con una rendija de 10 segundos de arco, que nos permite obtener todo el flujo de las estrellas sin pérdidas por la respuesta a una fuente puntual.



## Capítulo 4

# METODOS DE ANALISIS

### 4.1. Diagramas de Diagnóstico

El método más frecuentemente utilizado para clasificar el tipo de actividad nuclear presente en las galaxias es a partir de espectros en el óptico y está basado en los diagramas de diagnóstico empíricos que primero introdujeron Baldwin et al. (1981) y luego refinaron Veilleux & Osterbrock (1987, a partir de ahora VO87). En dichos diagramas intervienen distintos cocientes de líneas en emisión. Para la elección de las líneas a ser utilizadas VO87 tuvieron en cuenta, con los datos y modelos existentes, los siguientes factores:

- Cocientes entre líneas intensas, que fueran fácilmente medibles.
- Evitar en lo posible los cocientes de las líneas pertenecientes a dobletes.
- La separación espectral entre las líneas del cociente debía ser lo menor posible, para minimizar los efectos del enrojecimiento o de cualquier error de calibración en flujo.
- Preferencia a cocientes entre una línea prohibida de cualquier elemento y otra de hidrógeno de la serie de Balmer, antes que el cociente de dos líneas prohibidas de distintos elementos.
- Las líneas deberían estar en una zona del espectro accesible para un gran número de galaxias, por eso se evitan las líneas del ultravioleta.

Estos autores encontraron que las líneas que cumplían los cinco criterios eran: las líneas de [NII], [OIII] y [SII], junto con las líneas de recombinación de la serie Balmer del hidrógeno (básicamente  $H\alpha$  y  $H\beta$ ). También encontraron que se podía utilizar la línea de [OI] $\lambda$ 6300Å cuando estuviera bien detectada. De esta manera, para clasificar la actividad nuclear, se construyeron tres diagramas de diagnóstico en los que intervienen los siguientes cocientes:

- $[\text{NII}]\lambda 6584 / \text{H}\alpha$  frente a  $[\text{OIII}]\lambda 5007 / \text{H}\beta$ , conocido como diagrama BPT y que aquí denominaremos diagrama- $[\text{NII}]$
- $[\text{SII}](\lambda 6716 + \lambda 6731) / \text{H}\alpha$  frente a  $[\text{OIII}]\lambda 5007 / \text{H}\beta$ , que denominaremos diagrama- $[\text{SII}]$
- $[\text{OI}]\lambda 6300 / \text{H}\alpha$  frente  $[\text{OIII}]\lambda 5007 / \text{H}\beta$ , o diagrama- $[\text{OI}]$

Estas relaciones de líneas de emisión, prácticamente insensibles al enrojecimiento y a errores en la calibración en flujo relativo, permiten distinguir entre los distintos, y más importantes, mecanismos de ionización que están actuando en el núcleo de las galaxias:

1) la fotoionización producida por estrellas jóvenes masivas calientes, dando lugar a un espectro típico dominado por formación estelar nuclear (SFN)

2) fotoionización debida a una fuente central más energética como es un disco de acreción de un agujero negro, lo que se denomina un AGN.

¿Cómo se pueden distinguir ambos procesos?. Como se explica de forma clara en el reciente artículo de Ho (2008), las líneas prohibidas del doblete de  $[\text{OI}]$  ( $\lambda 6300, \lambda 6364$ ) surgen de la excitación colisional de  $\text{O}^0$  con electrones altamente energéticos. Ya que el potencial de excitación de  $\text{O}^0$  (13.6 eV) es casi idéntico al del hidrógeno, en una nebulosa ligada por ionización, el  $[\text{OI}]$  se produce predominantemente en la “zona parcialmente ionizada” donde tanto el oxígeno neutro como los electrones libres coexisten. Además de  $\text{O}^0$ , las condiciones de la zona parcialmente ionizada son también favorables para  $\text{S}^+$  y  $\text{N}^+$ , cuyos potenciales de ionización son 23.3 eV y 29.6 eV respectivamente. En ausencia de abundancias anómalas, las líneas de  $[\text{NII}]\lambda\lambda 6548, 6583$  y  $[\text{SII}]\lambda\lambda 6717, 6731$  son intensas (relativas a  $\text{H}\alpha$ ) si la de  $[\text{OI}]$  es intensa y viceversa. En una nebulosa fotoionizada por estrellas jóvenes masivas, la zona parcialmente ionizada es delgada porque el espectro de ionización de las estrellas OB contienen pocos fotones con energías mayores de 13.6 eV. Por ello, en el espectro óptico de regiones HII o núcleos de formación estelar, las transiciones de baja ionización de  $[\text{NII}]$ ,  $[\text{SII}]$  y especialmente  $[\text{OI}]$ , son muy débiles. Por el contrario, un campo de radiación más intenso como el de un AGN, con un continuo en ley de potencias que se extiende entre el UV lejano y rayos X, penetra mucho más profundo en una nube ópticamente gruesa creando una zona parcialmente ionizada extensa y dando lugar a líneas prohibidas de baja ionización intensas.

El fundamento, por lo tanto, para diferenciar ambos mecanismos de ionización en los diagramas de diagnóstico viene del hecho de que las líneas de emisión de las regiones de formación estelar provienen de los fotones de estrellas masivas, que presentan un límite superior a las intensidades que pueden alcanzar las líneas excitadas colisionalmente respecto a las líneas de recombinación del hidrógeno. Mientras que en los AGNs los fotones son mucho más energéticos y las líneas excitadas colisionalmente son más intensas, haciendo que los cocientes de líneas se sitúen en por encima de las SFNs. De ahí que cuando estemos observando un AGN, cocientes de líneas como  $[\text{NII}]\lambda 6584 / \text{H}\alpha$  o  $[\text{SII}](\lambda 6716 + \lambda 6731) / \text{H}\alpha$  serán siempre mayores que si estamos observando un SFN.

No obstante, esta distinción en los diagramas está sujeta a numerosas incertidumbres y no existe una demarcación exacta entre ambos mecanismos, SFN y AGN. De ahí que a falta de una línea de separación óptima se han utilizado diferentes criterios semiempíricos, basados tanto en datos observacionales como en modelos teóricos. Los primeros en definir una secuencia de separación, y la más utilizada hasta hace poco, fueron VO87 que obtuvieron para cada uno de los tres diagramas, regiones más o menos bien definidas en donde cada mecanismo de ionización dominaba, basándose tanto en datos empíricos de galaxias existentes hasta entonces como en la localización en los diagramas de la relaciones de líneas de regiones HII gigantes y en los modelos teóricos de regiones HII (Evans & Dopita 1985; McCall et al. 1985). También dentro de los llamados AGNs distinguían, principalmente a través del cociente  $[\text{OIII}]\lambda 5007/\text{H}\beta$ , en función del grado de excitación, entre las Seyfert de alta excitación y la actividad LINER introducida por Heckman (1980).

En 1997 Veron et al. (1997) y Ho et al. (1997a, de ahora en adelante HFS97a) reconocen la existencia de un nuevo grupo de objetos, los objetos de transición (en adelante TOs) en los que los espectros y los valores de los cocientes de líneas estaban en una zona intermedia entre los SFNs y los AGNs. Ellos los interpretaron como aquellos objetos en los que la contribución de cada una de las componentes se solapaban dando lugar al espectro final de TO. La interpretación actual para este fenómeno es que estas galaxias tendrían un AGN (Seyfert o LINER) en su núcleo cuya emisión integrada aparece diluida o contaminada por la emisión proveniente de regiones circumnucleares de formación estelar. De hecho, espectroscopía de alta resolución angular, de galaxias cercanas con un núcleo tipo Sy2, ha mostrado que, en algunos casos, los rasgos de los AGNs no se aprecian en espectros tomados con aperturas grandes, y que existe una transición del cociente de líneas desde la parte central del AGN hasta la zona circumnuclear de formación estelar que va moviendo el objeto en su posición dentro de los diagramas de diagnóstico (Ver Cid Fernandes et al. 2001; Bennert et al. 2006; Zuther et al. 2007).

Kewley et al. (2001b, a partir de ahora Ke01) obtuvieron en los diagramas de diagnóstico una envoltura superior teórica de ionización, debida únicamente a formación estelar, usando una amplia combinación de modelos de síntesis de población estelar, modelos de fotoionización debida a formación estelar y modelos de choques. Para cada uno de los tres diagramas definieron una línea máxima de formación estelar en cúmulos jóvenes, por encima de la cual no se podían localizar las galaxias “starbursts” o los núcleos de galaxias con sólo formación estelar. Estas secuencias están parametrizadas con las siguientes funciones:

$$\log \left( \frac{[\text{OIII}]\lambda 5007}{\text{H}\beta} \right) = \frac{0,61}{\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha) - 0,47} + 1,19 \quad (4.1)$$

$$\log \left( \frac{[\text{OIII}]\lambda 5007}{\text{H}\beta} \right) = \frac{0,72}{\log([\text{SII}]/\text{H}\alpha) - 0,32} + 1,30 \quad (4.2)$$

$$\log \left( \frac{[\text{OIII}]\lambda 5007}{\text{H}\beta} \right) = \frac{0,73}{\log([\text{OI}]/\text{H}\alpha) + 0,59} + 1,33 \quad (4.3)$$

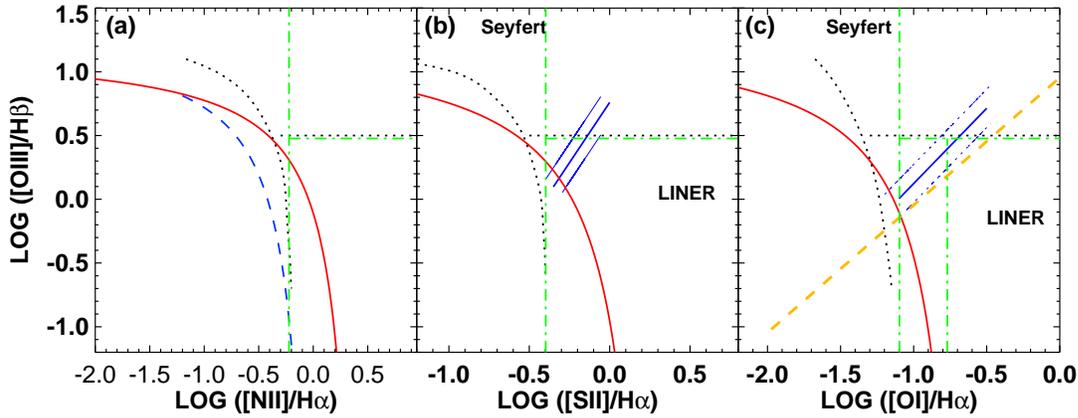


Figura 4.1: Esquema de clasificación nuclear en los tres diagramas ópticos de diagnóstico, donde las líneas rojas continuas dan cuenta de las líneas extremas de contribución de formación estelar de Ke01, la línea azul continua la separación LINER/Seyfert de Kewley et al. (2006), la línea azul rallada la envoltura superior empírica de SFNs encontrada por Ka03 con los datos del SDSS, las líneas negras punteadas corresponden al esquema clasificatorio de VO87 y con líneas verdes punto- raya las modificaciones de HFS97 a ese esquema. Finalmente la línea naranja rayada en el diagrama-[OI] corresponde al criterio utilizado originalmente por Heckman (1980) para clasificar los LINERs.

Las galaxias cuyos cocientes de líneas están por encima de estas envolventes tienen que contener necesariamente un AGN en su núcleo, ya que no existe ninguna combinación posible con sólo modelos de formación estelar que reproduzca el tipo de espectro que daría estos cocientes. Por el contrario, sí se pueden encontrar galaxias, que conteniendo un AGN en su núcleo, se sitúen por debajo de la secuencia.

Con la aparición del catálogo SDSS, se ha incrementado notablemente el número de galaxias con suficiente información espectroscópica para poder limitar mejor las regiones en las que se manifiestan de manera dominante cada uno de los mecanismos. Kauffmann et al. (2003, a partir de ahora Ka03), usando un muestra de  $\approx 50000$  galaxias, con alta señal/ruido, del SDSS encuentran que la línea teórica de Ke01 esta muy por encima de la estrecha secuencia que trazan las galaxias con sólo formación estelar y que además existen dos ramas bien separadas de SFN y AGN (ver p.e. la figura 1 de su artículo) muy por debajo de la demarcación de Ke01. Con la gran cantidad de datos de que disponían, encontraron también que el mejor diagrama para distinguir entre ambos procesos era el diagrama BPT, que representa  $\log([\text{NII}](6562\text{\AA})/\text{H}\alpha)$  frente a  $\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$ , y que nosotros denominamos diagrama-[NII]. Sus datos vinieron a establecer definitivamente lo ya encontrado en otros estudios espectroscópicos anteriores (p.e. Coziol et al. 1999; Jansen et al. 2000) y más re-

cientemente (Moustakas & Kennicutt 2006a; Moustakas et al. 2006) en el sentido que las galaxias con SFN y los starbursts se situaban en una zona muy cercana, justo por encima de la secuencia de regiones HII gigantes (McCall et al. 1985). Ka03 definieron una nueva secuencia de discriminación SFN/AGN para el diagrama BPT, de forma que una galaxia contiene un AGN si está situada por encima de esa línea semi-empírica:

$$\log\left(\frac{[\text{OIII}]\lambda 5007}{\text{H}\beta}\right) \geq \frac{0,61}{\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha) - 0,05} + 1,3 \quad (4.4)$$

Kewley et al. (2006) unificaron estos criterios y definieron un nuevo esquema de clasificación, en el que como detallaremos más adelante, nos hemos basado en este trabajo. Ellos, usando las dos secuencias explicadas anteriormente de Ke01 y Ka03, distinguen entre tres tipos de actividad:

- a) los AGNs, todos los puntos situados por encima de la secuencia de Ke01,
- b) SFNs, galaxias situadas debajo de la línea de Ka03 y
- c) objetos compuestos, los que se encuentran entre estas dos líneas de separación.

En la Figura 4.1 se reproduce el esquema propuesto y publicado en Kewley et al. (2006), para los tres diagramas de diagnóstico y conteniendo también los otros esquemas clasificatorios existentes hasta el momento

Ese mismo año Stasińska et al. (2006, Sta06) definieron una nueva línea divisoria entre SFN y AGN y un sistema actualizado de clasificación usando una gran variedad de modelos de fotoionización, calculados con los campos de radiación predichos por los códigos de síntesis de población estelar e implementados con nuevos modelos de atmósferas estelares. Sus secuencias teóricas están de nuevo muy por debajo de la obtenida por Ke01 e incluso algo por debajo de las observaciones de Ka03. De hecho, Sta06 afirman que la secuencia de Ke01 se construyó con todos los valores de metalicidad y parámetros de ionización que admitían los modelos pero cuyo rango era mucho mayor, y a veces poco realista, al observado en regiones de formación estelar por lo que en algunos casos sobreestimaron el campo de radiación. Además el trabajo de Sta06 va dirigido a modelar y explicar las dos ramas de datos observadas con el SDSS en el diagrama-[NII] y no buscan una línea teórica máxima de fotoionización estelar. Según los modelos realizados por Sta06, las secuencias de Ke01 tienen contribuciones de hasta un 20 % de AGNs y aún la línea definida por Ka03 incluye galaxias que pueden tener una contribución del AGN en H $\beta$  de hasta un 3 %. Estos autores también demostraron que el diagrama-[NII] es el mejor para distinguir entre SFN y AGNs y que además es posible separar ambos fenómenos sólo atendiendo al cociente [NII]6583Å/H $\alpha$ .

## 4.2. Clasificación Espectral de las Muestras

Para clasificar el tipo de actividad en el núcleo de las galaxias de nuestras dos muestras hemos usado fundamentalmente el diagrama-[NII] que, como mencionamos anteriormente, es el más sensible a los diferentes mecanismos de fotoionización y es donde mejor se separan observacionalmente la rama de AGNs y la de formación estelar nuclear (SFN). Además nos hemos apoyado para corroborar la clasificación en los otros dos diagramas. En muchos casos se pueden medir las líneas del azufre, por lo que se ha utilizado también el Diagrama-[SII], que da cuenta de la relación  $\log([\text{SII}](6717\text{\AA}+6731\text{\AA})/\text{H}\alpha)$  frente a  $\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$ . También para 56 galaxias de la muestra de Hickson y 94 galaxias en la del UZC, se detecta con suficiente relación señal/ruido la línea de  $[\text{OI}]\lambda 6300\text{\AA}$  y en esos casos se ha utilizado a su vez el Diagrama-[OI], en el que participan  $\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$  y  $\log([\text{OI}](6300\text{\AA})/\text{H}\alpha)$ .

En la Figura 4.2 representamos los tres diagramas con las cuatro secuencias que usamos para distinguir entre galaxias con AGNs y con SFNs. La línea continua azul corresponde a la secuencia Ka03 que delimita las zona de las SFNs, y las líneas amarillas representan, para cada diagrama, el límite superior encontrado por Ke01 para la formación estelar, es decir, que cualquier punto situado por encima de esa curva necesita un AGN para explicar su espectro. Las líneas verticales rojas corresponden a los criterios utilizados, como veremos más adelante, para aquellas galaxias donde sólo se detectan las líneas de  $\text{H}\alpha$  y [NII].

Las galaxias en las que al menos se detectan las cuatro líneas del diagrama-[NII], se han clasificado con los siguientes criterios:

- **AGNs puros, las galaxias situadas por encima de la secuencia de Ke01**
- **SFNs, todos aquellos puntos por debajo de la línea de Ka03**
- **TOs, las galaxias con cocientes situados entre Ka03 y Ke01**

Para representar una galaxia en el diagrama de [NII], necesitamos que tenga los dos cocientes, es decir  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$  y  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$ . No obstante, aparte de para las galaxias con las cuatro líneas, este diagrama también puede utilizarse en el caso de que se detecten las líneas de  $\text{H}\alpha$ , [NII] y [OIII] aunque no se detecte o no se pueda hacer una medida fiable de la línea  $\text{H}\beta$ , ya que ésta puede calcularse a partir del flujo medido en  $\text{H}\alpha$ . Este ha sido el caso que nos encontramos en 20 galaxias de la muestra HCG y en 49 galaxias de la muestra UZC-CG, como veremos en los siguientes capítulos. En esos casos, el valor de  $\text{H}\beta$  se ha calculado atendiendo a la relación  $\text{H}\alpha/\text{H}\beta$ . Intrínsecamente el cociente  $\text{H}\alpha/\text{H}\beta$  tiene un valor, sin extinción, de 3.1 para AGNs y de 2.85 para SFNs (Osterbrock 1989), pero puesto que nosotros no hemos corregido de ningún tipo de extinción interna, los cocientes medidos tendrán valores mayores que los teóricos porque la extinción afecta más a la región azul de  $\text{H}\beta$  que a la roja. Para calcular un cociente más realista que el teórico, hemos usado

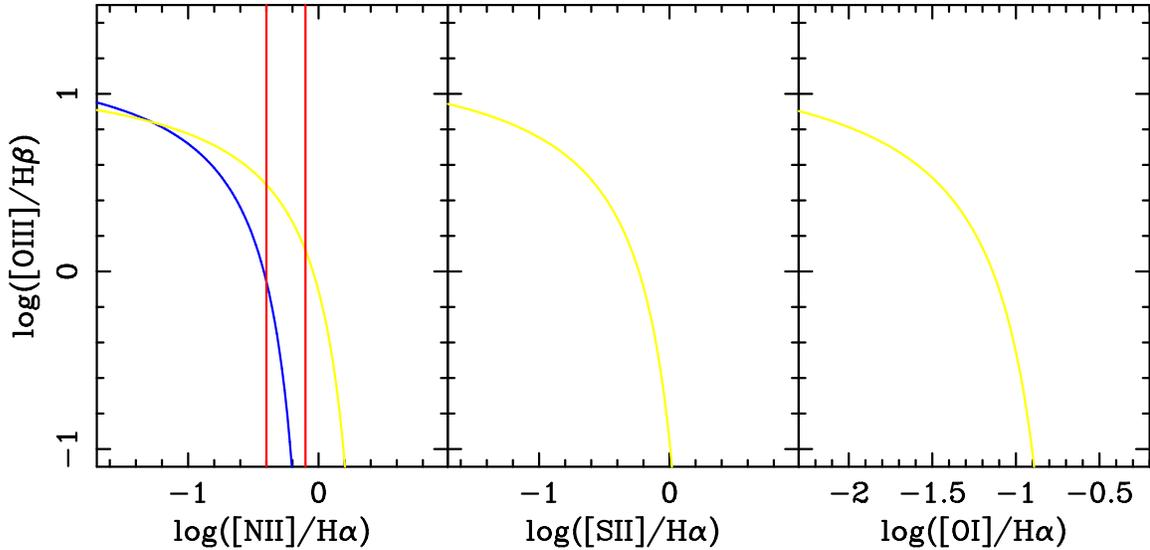


Figura 4.2: Diagramas de diagnóstico con los criterios de clasificación usados en esta tesis tanto para las galaxias con las cuatro líneas detectadas como para aquellas con sólo dos líneas, y que explicamos en el texto. La línea azul corresponde a la envoltura de Ka03 para las galaxias con sólo formación estelar y la línea amarilla a la secuencia máxima definida por la Ke01 para clasificar AGNs. Las líneas verticales rojas corresponden a valores para el cociente  $[NII]/H\alpha$  de -0.4 y -0.1, que son los límites utilizados para las galaxias de las que sólo disponemos de ese cociente para realizar la clasificación.

en ambas muestras, aquellas galaxias con la línea  $H\beta$  medida y se ha calculado el cociente, por una parte para las que clasificamos como AGNs puros, y por otro para las que están clasificadas como SFN. Con estos cocientes obtenemos un valor aproximado de  $H\beta$  que permite situar cada una de las galaxias en una zona del diagrama-[NII].

En los casos en que se detectaron las líneas de azufre y se puede usar el diagrama-[SII], éste nos sirve para confirmar la clasificación obtenida del diagrama-[NII]. En la mayoría de los casos se detectan las dos líneas del azufre ( $6717\text{\AA}$  y  $6731\text{\AA}$ ) pero si el espectro no tiene una alta S/N o la banda de absorción atmosférica cae en esa zona entonces se puede hacer difícil detectar alguna de las dos líneas. En ese caso le hemos dado a la línea el valor mínimo que pueda tener, considerando que el cociente  $[SII]_{\lambda 6717\text{\AA}}/[SII]_{\lambda 6731\text{\AA}}$  puede tener un valor máximo de 1.4, según la relación que este cociente guarda con la densidad electrónica. Si tenemos la primera línea medida, la segunda será como mínimo 0.72 veces la primera. Así podemos calcular el cociente  $[SII](6717\text{\AA}+6731\text{\AA})/H\alpha$  y situar la galaxias en el diagrama-[SII].

Es decir, aquellos espectros en los que al menos se detecten [OIII],  $H\alpha$  y [NII] pueden situarse en el diagrama-[NII] y si además tienen medidas para una línea de azufre, también se podrán situar en el diagrama-[SII].

En caso de no poder medir con fiabilidad la línea de [OIII], hemos basado nuestra clasificación en la relación entre [NII] y  $H\alpha$  y es lo que denominamos galaxias con al menos dos líneas de emisión. En la Figura 4.2 se muestran con dos líneas verticales los criterios de clasificación usados para este tipo de objetos:

- si  $\log([\text{NII}]/H\alpha) \leq -0.4$  su clasificación es SFN.
- si  $\log([\text{NII}]/H\alpha) > -0.1$ , serán AGNs puros y
- ssi está entre estos dos valores será TO.

Para los objetos clasificados como TOs por este método, se ha hecho una segunda iteración teniendo en cuenta la presencia de otras líneas en emisión si detecta  $H\beta$ , las líneas de [SII] o la de [OI] o si tienen un continuo característicos de formación estelar reciente. Si estos otros factores indican formación estelar o actividad tipo AGN, entonces hemos reclasificado estos objetos como TO/SFN o TO/AGN respectivamente.

En algunos casos, sobre todo en aquellos espectros del catálogo del UZC-CG donde no se ha podido sustraer la componente estelar, la única línea visible es la de [NII] acompañada a veces por [OIII] y/o [SII]. Este fenómeno ya fue observado por Coziol et al. (1998, 2004) que relacionó este tipo de espectros con AGNs de baja luminosidad (LLAGNs) y cuya clasificación mostraron que no cambiaba aunque se realizase la sustracción de la componente estelar. De hecho, lo hemos verificado con galaxias de nuestra muestra en donde sólo era visible inicialmente la línea de [NII] y se ha podido sustraer un *template* comprobando que tras la sustracción se ha mantenido su clasificación como AGN.

Por último, los pocos espectros con baja S/N y sin apenas continuo estelar donde sólo es visible de manera intensa la línea de  $H\alpha$ , se clasificado como SFN.

### 4.3. Sustracción de la componente estelar

El espectro integrado del núcleo está en muchos casos contaminado por la componente estelar intermedia y vieja de la galaxia, diluyendo las líneas de emisión nebulares. Incluso cuando la contribución de bulbo es muy intensa, ésta puede enmascarar la presencia de líneas en emisión débiles, y este efecto es más acusado cuando las aperturas contienen mayor cantidad de galaxia. Normalmente esta contaminación afecta principalmente a las líneas del hidrógeno pero, debido a la propia anchura de éstas, su presencia también puede modificar la medida de líneas como las de [NII]. En las galaxias pertenecientes a los grupos compactos este efecto es en muchos casos evidente. En el trabajo de Coziol et al. (1998, 2004) ya se mencionaba que el tipo de actividad que se detectaba principalmene en estos entornos eran AGNs de baja luminosidad, que se caracterizan por tener líneas de emisión débiles. Por lo tanto es muy recomendable, cuando es posible, hacer una sustracción adecuada de la contribución de la galaxia no sólo para hacer la clasificación nuclear más detallada posible

sino también para el análisis de los datos de la muestra, ya que podemos clasificar como sin emisiones galaxias con emisiones débiles.

Para quitar del espectro integrado la población estelar subyacente, la mejor forma es sustraerla utilizando un *template* o modelo que no tenga líneas en emisión. Existen básicamente tres métodos de elaborar los *templates* y sustraer la componente:

1) Usando como modelo para extraer y escalar un espectro obtenido a partir de las partes externas de las propias galaxias (ver por ejemplo Storchi-Bergmann et al. 1993).

2) Utilizando un espectro o combinación de espectros de galaxias sin emisiones y eligiendo el que mejor se ajuste en población estelar y anchura de líneas a la galaxia (HFS97a Coziol et al. 2004).

3) Elaboración de un espectro medio obtenido a partir de un análisis de componentes principales con una base de espectros muy amplia como la SDSS (Hao et al. 2005).

El primer método tiene, entre otros el problema de que la emisión no proviene únicamente del núcleo, sino que puede haber emisión débil en las partes más externas y del el disco, por lo que se estaría eliminando parte de la emisión. Además de que el brillo superficial cae muy rápidamente fuera de las partes centrales de las galaxias y normalmente los espectros exteriores son más ruidosos.

En esta tesis hemos empleado los dos últimos métodos, que explicamos en más detalle en los siguientes subapartados. Para las galaxias de los grupos compactos de Hickson hemos usado espectros de galaxias observados con la misma configuración instrumental, con alta relación señal a ruido y que no presenten ninguna línea de emisión. Para los espectros del UZC-CG del *survey* Sloan se ha utilizado el método de componentes principales.

Además la componente debida a una población estelar intermedia o vieja del bulbo de la galaxia, también puede enmascarar líneas de emisión débiles. En el trabajo de Coziol et al. (1998, 2004) ya se mencionaba que el tipo de actividad dominante en estos entornos eran AGNs de baja luminosidad, que se caracterizan por tener líneas de emisión débiles. Por lo tanto es imprescindible hacer una sustracción adecuada de la contribución de la galaxia antes de hacer la clasificación y entrar en el análisis de los datos de la muestra. Hay básicamente dos maneras de llevar a cabo esta tarea, usando espectros observados con la misma configuración instrumental y que no presenten ninguna línea de emisión o construyendo espectros sintéticos.

#### 4.3.1. Extracción con espectros de galaxias sin emisión

Este método lo hemos empleado en todas las galaxias observadas de nuestra muestra de los HCGs. Para ello hemos seguido el método explicado por Coziol et al. (1998, 2004) que consiste en tener al menos cuatro galaxias de la muestra, observadas con la misma configuración, que no presenten ningún tipo de emisión. En algunos casos, como hemos mencionado en el Capítulo 2, se han utilizado galaxias estándar (confirmadas como “sin

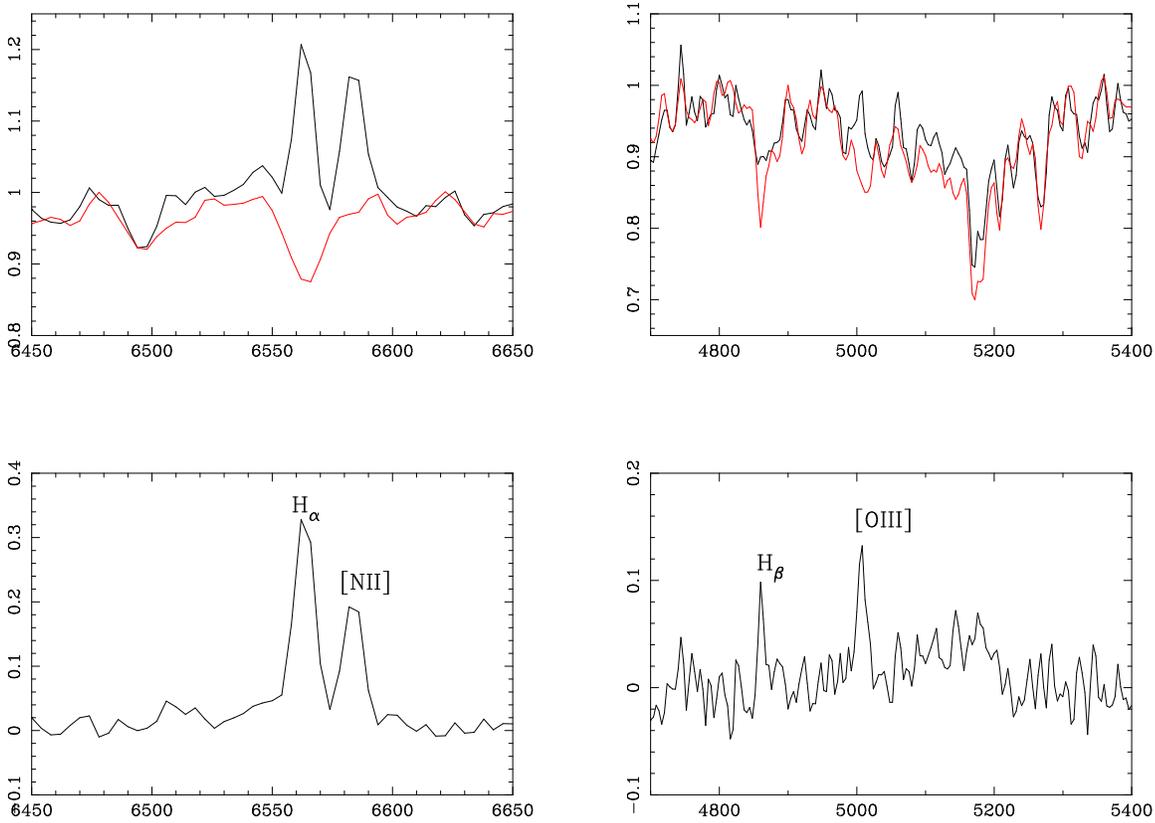


Figura 4.3: HCG97b ha sido observado en SPM. Aquí se muestra la sustracción con H57f como *template*.

emisión” por otros autores) que han sido observadas en algunas de las campañas que hemos realizado. Las galaxias que usaremos como plantilla o *template* suelen tener una alta S/N para estar seguros que no tienen ninguna clase de emisión. Una vez seleccionadas preparamos las galaxias que van a ser sustraídas:

- Se extrae la parte central de las galaxias.
- Se desplazan todos los espectros a  $z=0$ . Como no estamos interesados en calcular un *redshift* sino en hacer una buena sustracción de la componente estelar, necesitamos que H $\alpha$  y H $\beta$  estén bien centradas. Por eso se calculan dos *redshift* para cada espectro, uno para cada línea. Una vez calculados los  $z$ 's se usa el programa DOPCOR de IRAF para poner los espectros a  $z=0$ .
- Se cortan las regiones correspondientes a la zona de H $\alpha$  y la zona de H $\beta$ . Para el caso de H $\beta$  se cortaron los espectros de 4500Å-5500Å y para la zona de H $\alpha$  se limita a la región 6350Å-6850Å.
- Con el programa DISPCOR se redimensionan todos los espectros para que tengan la

misma dispersión.

- Se escalan todos los espectros a continuo=1, para lo que primero se ajusta una función al continuo y luego se divide el espectro por ella. Para obtener la función de ajuste se utilizó el programa CONTINUUM de IRAF que permite guardar el ajuste obtenido para no perder la calibración en flujo. Luego con IMARITH se divide el espectro por el continuo quedando todos los espectros a continuo=1.
- Se le resta a cada espectro (independientemente a la zona de  $H\beta$  y luego a la de  $H\alpha$ ) cada uno de los cuatro *templates* que tienen también su correspondiente parte azul y roja a  $z=0$  y continuo=1.
- Una vez sustraídas y antes de medir las emisiones, se vuelve a escalar al mismo continuo que tenían antes. Para ello se suma 1 (puesto que después de la resta tienen continuo cero) y luego se multiplica por el ajuste del continuo que guardamos con el programa CONTINUUM.
- Finalmente se miden las emisiones; para cada línea tenemos ahora cuatro medidas, porque hemos quitado cuatro *templates*. El valor final del flujo de la línea será la mediana de esos cuatro valores y el error de la medida vienen determinado por la desviación media de los cuatro valores.

Hemos hecho esto para todos los datos de CAHA, ORM, SPM y OSN. En caso de tener una galaxia estándar bien observada, se toma como uno de los *templates* y luego se buscan el resto entre aquellos que tengan mejor S/N. Estos son los que hemos usado para los datos de cada telescopio:

- CAHA : HCG7b, HCG57c, HCG93d y N1023
- ORM : HCG3d, HCG48c, HCG79c y HCG97d
- SPM : HCG57f, HCG82a, HCG92b y HCG99b
- OSN : HCG61d, HCG97a y HCG98c y N1023

#### 4.3.2. Método de Componentes principales

Entre los espectros obtenidos de las bases de datos para el análisis de la muestra del UZC, tenemos 221 que pertenecen al catálogo de Sloan. Para este catálogo Hao et al. (2005, Hao05) desarrollaron un nuevo método de sustracción de la componente estelar, que ha sido aplicado también por otros autores (p.e. Greene & Ho 2005, 2007,?; Zhang et al. 2007b) y que hemos utilizado aquí. Brevemente estos autores, basándose en la gran base

de espectros de SDSS, obtuvieron una librería de cientos de espectros de galaxias sin líneas de emisión y usando el método de análisis por componentes principales PCA (del inglés Principal Component Analysis) sacaron los auto-espectros característicos de las absorciones estelares. Este método tiene varias ventajas. Una es que los primeros auto-espectros son lo suficientemente significativos como para desechar el resto sin perder apenas información y otra es que como los auto-espectros son ortogonales entre si, la solución obtenida es única, contrariamente a cuando se utilizan métodos como el de síntesis de poblaciones estelares (p.e. Tremonti et al. 2004). También Hao05 determinaron que con los ocho primeros auto-espectros era suficiente para obtener un espectro en absorción que se ajustase bien a los que se observan. Un problema era que la combinación de esos auto-espectros representaba muy bien la población estelar vieja, pero hay galaxias que tienen también una población estelar intermedia o más joven. Para dar cuenta de este fenómeno, introdujeron otro auto-espectro en la librería, el espectro de una estrella tipo A. Además dado que en algunos casos hay una componente no despreciable de un continuo no térmico, para sustraer esa componente añadieron un espectro con únicamente un continuo de ley de potencias. Este factor resultó ser también útil para el resto de los espectros sin dicha componente porque sirve para compensar errores en la espectrofotometría y efectos de enrojecimiento interno. El método del PCA lo aplicaron a tres librerías de espectros en tres rangos de *redshift* ( $z < 0.06$ ,  $0.06 < z < 0.12$  y  $0.12 < z < 0.22$ ), obteniendo tres conjuntos de auto-espectros con un mejor cubrimiento en longitud de onda en cada rango y un mejor ajuste de la población estelar.

Siguiendo esta técnica, se realizó la sustracción de la componente del continuo y de absorción de la población estelar de todas las galaxias de Sloan de nuestra muestra mediante el ajuste por regresión multilineal (minimizando la  $\chi^2$ ) de cada uno de los espectros con la librería de autoespectros del rango de bajo *redshift* de Hao05, el espectro promedio de la estrella A y un espectro de ley de potencias  $\sim \lambda^{-1}$ . Para lo que los pasos seguidos fueron:

- Transformar los espectros a *redshift*  $z=0$ .
- Se selecciona todo el espectro a excepción de la zonas que pueden estar afectadas por emisiones. En nuestro caso se excluyeron para el ajuste las regiones de  $H\beta$  [4840-4890Å], la de [OIII] entre 4940 y 5030Å, la de [6280-6325Å] del [OI], la de las líneas de  $H\alpha$  y [NII] entre 6510 y 6620 y la zona de [6700-6750Å] del [SII].
- Se evalúan los autoespectros en las mismas longitudes de onda que cada uno de los espectros de las galaxias.
- Se realiza el ajuste multilineal obteniendo en cada caso al mejor *template* y los coeficientes correspondientes a cada autoespectro.

En este caso obtenemos como resultado un espectro patrón, en todo el rango espectral, que es el que se sustrae del original. El método tiene además la ventaja de que es robusto

frente a variaciones en propiedades de las galaxias como la dispersión de velocidades y reduce considerablemente el tiempo de cálculo (Greene & Ho 2007).

En la Figura 4.3.2 se muestran tres ejemplos de galaxias del UZC-CG donde antes de la sustracción sólo se detectaba [NII] y  $H\alpha$  débil en emisión dentro de la absorción y después de la sustracción del *template* sintético aparte de una determinación mejor de estas dos líneas, también aparecen las líneas del azul  $H\beta$  y [OIII]

#### 4.4. Detección y medida de las líneas de emisión

La búsqueda de emisiones se ha hecho tanto en las 269 galaxias de los HCGs como en las 720 galaxias de la muestra completa de UZC-CGs de manera individual para cada espectro. Con el rango cubierto por nuestros espectros, se han buscado las líneas de [OII] $\lambda$ 3727Å,  $H\beta$ , [OIII] $\lambda$ 5007Å, [OI] $\lambda$ 6300Å,  $H\alpha$ , [NII] $\lambda$ 6548Å6583Åy [SII] $\lambda$ 6717Å+6731Å.

Tras esta búsqueda exhaustiva, en el Capítulo 2 en las Tablas 2.8 y 2.11 respectivamente para la muestra HCG y la UZC-CG, está indicado si cada galaxia presentaba algún tipo de emisión. En total se han encontrado un 62 % de emisiones en la muestra de HCG y un 68 % en el catálogo de UZC-CG.

Una vez detectadas las líneas se realizó la medida de las anchuras equivalentes y de los flujos de todos los espectros obtenidos por nosotros para los HCGs y de todos los espectros de Archivo de Z-Machine, FAST y SDSS para UZC-CG. Las líneas se midieron antes de sustraer la componente estelar y en los casos en los que ha sido posible sustraer un *template*, como explicaremos en el siguiente apartado, se han medido de nuevo las líneas. Para la medida individual de las líneas de emisión se han empleado los programas SPLOT y NGAUSSFIT de IRAF de forma interactiva. En la gran mayoría de los ajustes se puede admitir que las líneas de emisión tienen una forma gaussiana, obteniendo tras el ajuste la intensidad de la línea, la anchura equivalente, la anchura a media altura (o FWHM del inglés Full Width Half Maximun) y la longitud de onda central. En el caso de las líneas de [NII] $\lambda$ 6548,  $H\alpha$ , [NII] $\lambda$ 6584 y las dos líneas de azufre ([SII] $\lambda$ 6717Å6731Å) el ajuste se realiza de forma simultánea usando SPLOT e imponiendo que todas tengan la misma FWHM, que minimiza el número de parámetros libres y permite un mejor ajuste de las líneas más débiles y además responde a un modelo realista de la formación de las líneas.

En los casos en que el ajuste de alguna línea (sobre todo en la zona azul) no es bueno debido a unos altos residuos como resultado de la sustracción del *template*, la intensidad se calculó como la integrada entre ambos extremos de la línea. En los espectros en los que no se pudo extraer la población estelar en la muestra de UZC, cuando la línea de emisión de  $H\alpha$  o  $H\beta$  estaban inmersas en la absorción, se realizó el ajuste individualmente a esas líneas tomando como continuo la base de la absorción.

Para las galaxias con presencia de componentes anchas en las líneas del hidrógeno, como

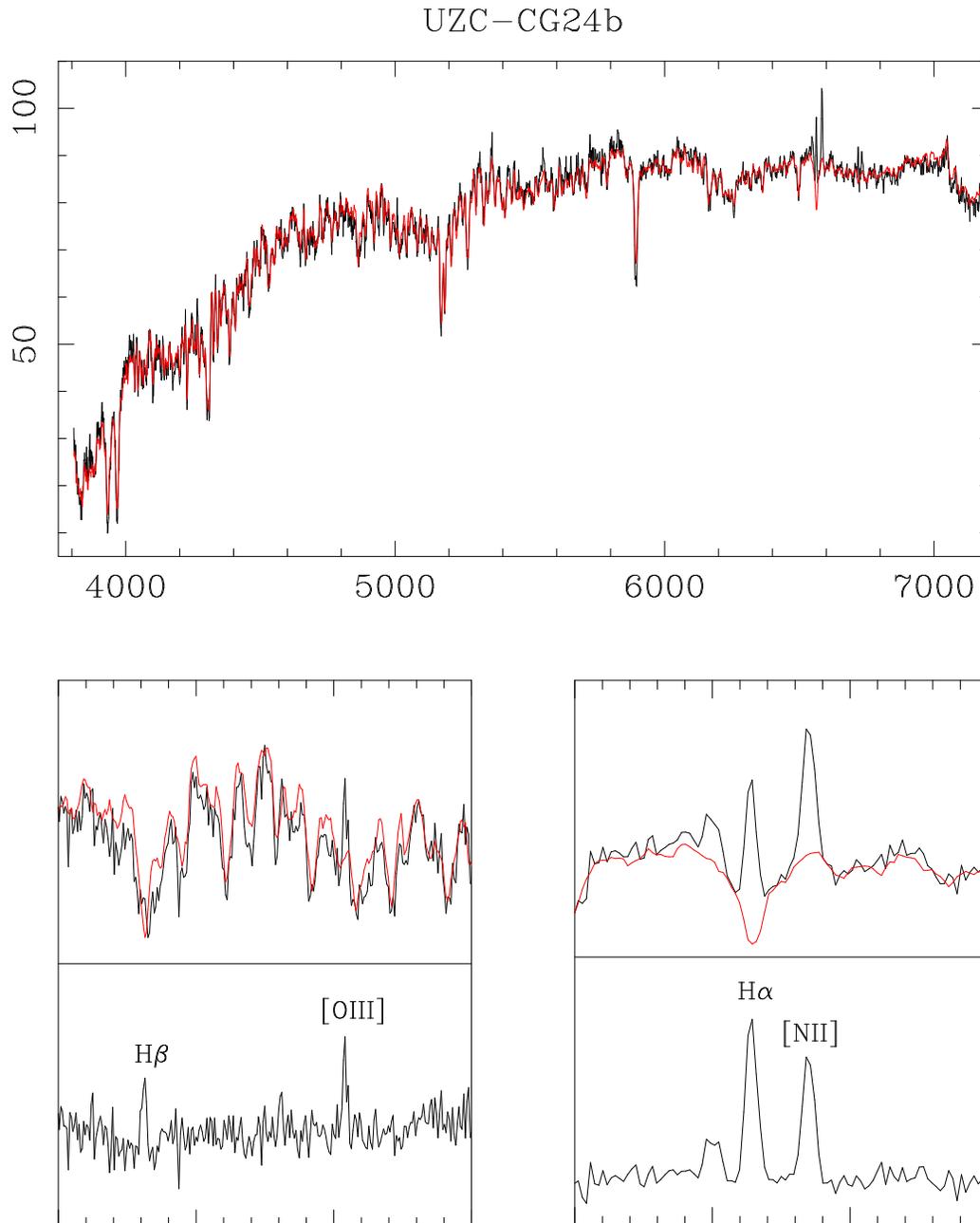


Figura 4.4: Espectro completo y zoom de las zonas de H $\beta$ , [OIII] y H $\alpha$ , [NII] UZC-CG24b antes y después de la sustracción del *template*

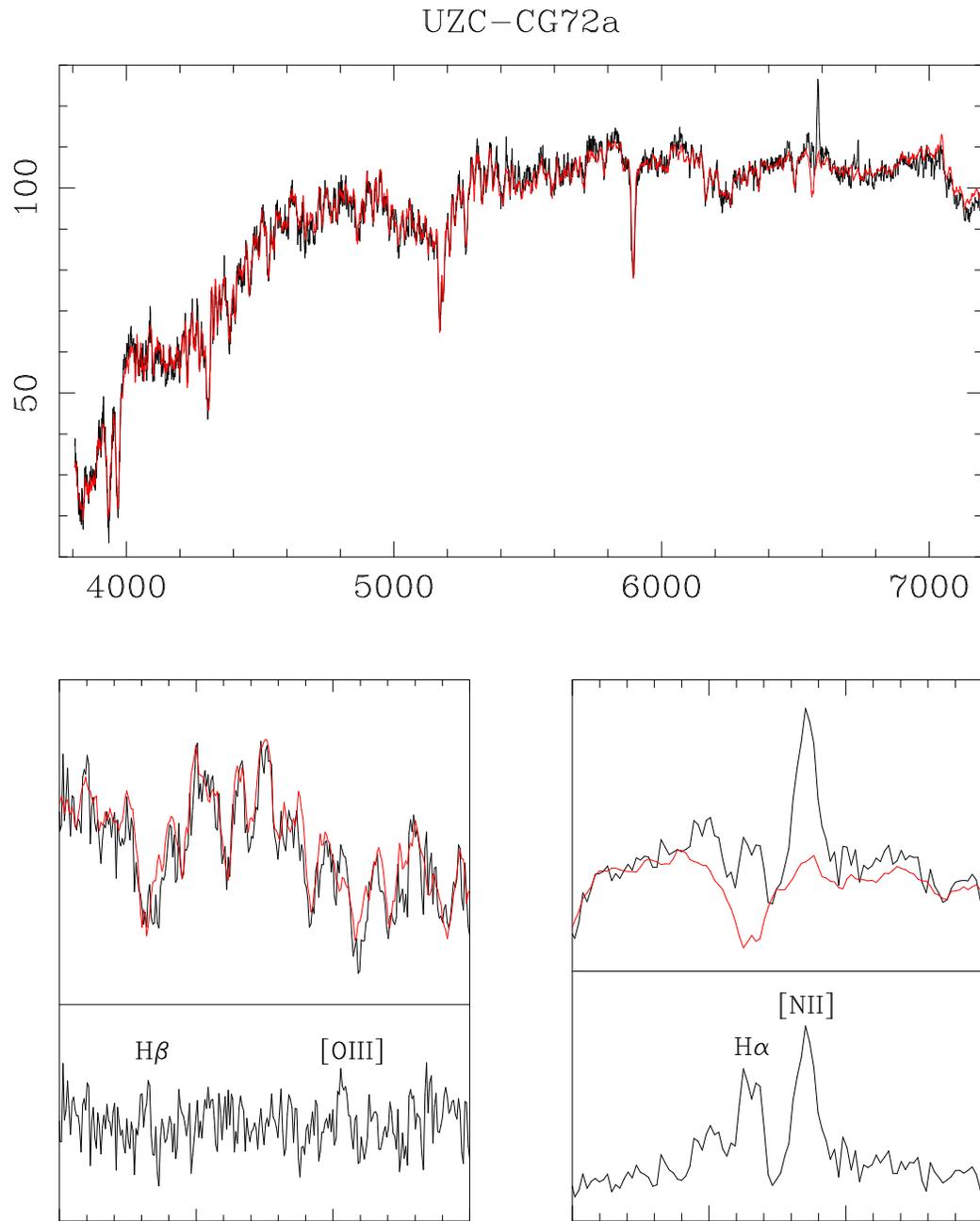


Figura 4.5: Espectro completo y zoom de las zonas de  $H\beta$ , [OIII] y  $H\alpha$ , [NII] UZC-CG72a antes y después de la sustracción del *template*

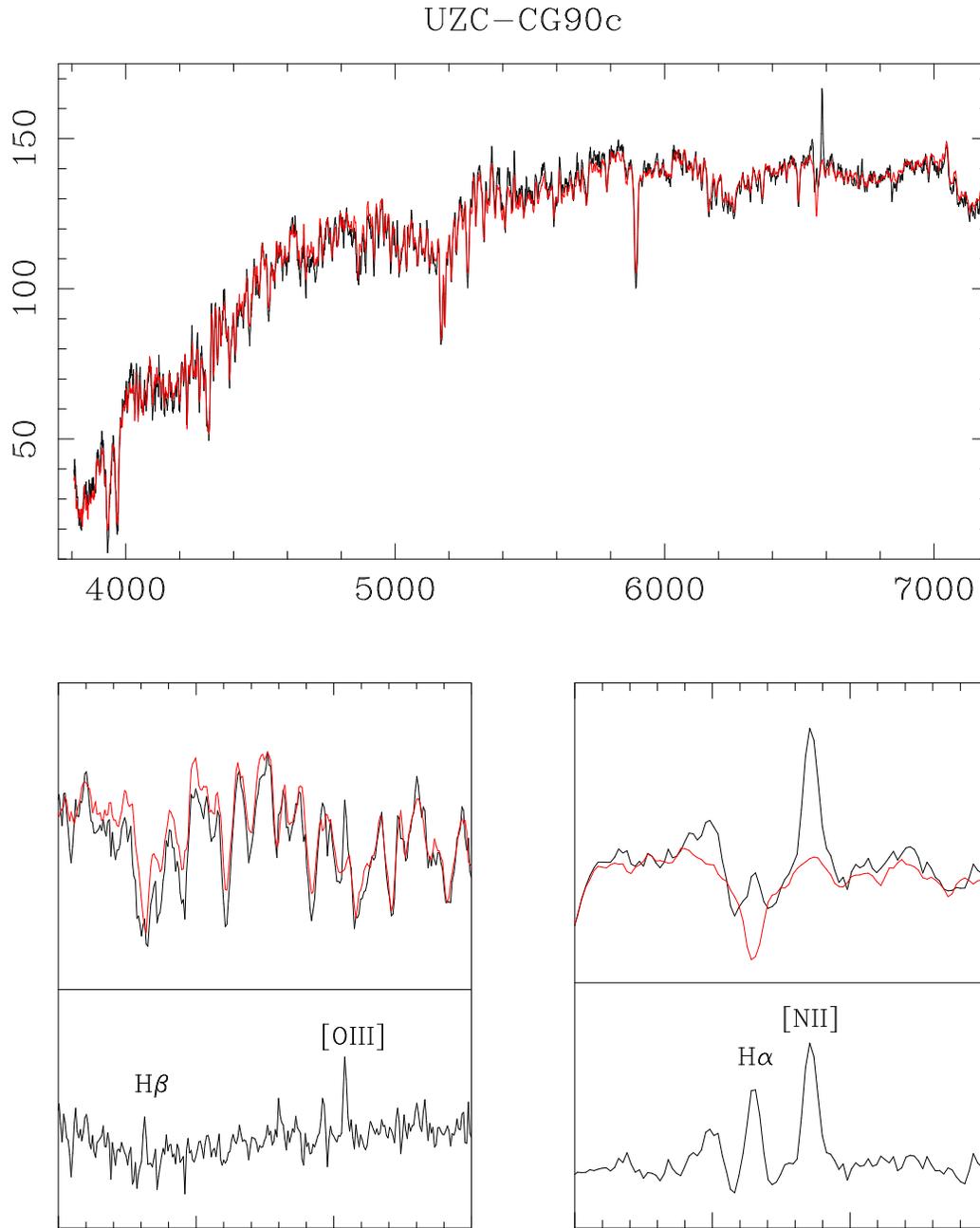


Figura 4.6: Espectro completo y zoom de las zonas de H $\beta$ , [OIII] y H $\alpha$ , [NII] UZC-CG90c antes y después de la sustracción del *template*

veremos en el Capítulo 7, se utilizó el programa NGAUSSFIT que permite tener en cuenta la presencia de más de una componente por línea. Este método se ha utilizado también en los casos en los que las líneas no se ajustaban con un único pico gaussiano sino que presentaban al menos dos componentes o líneas asimétricas estrechas, tanto en el hidrógeno como en las líneas prohibidas (Ho et al. 1997b; Wang & Wei 2008; Mullaney & Ward 2008).

#### 4.4.1. Medida de los flujos de las líneas en la muestra de HCGs

En el caso de los espectros obtenidos de la observación de las galaxias de los HCGs y reducidos por nosotros, puesto que todos los espectros de esta muestra están calibrados en flujo medimos directamente el flujo de las líneas. En las Tablas 4.1 a 4.8 se dan las medidas de los flujos de las líneas antes y después de la sustracción de la componente estelar para los cuatro observatorios. En las medidas del CAHA, OSN y ORM las unidades de flujo son en  $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$  y en las de SPM en flujo relativo. A continuación se describen las medidas obtenidas para cada uno de los observatorios.

##### CAHA

De las 98 galaxias observadas en CAHA se encuentran emisiones en 66 de ellas (67%). Todas las emisiones detectadas junto con las medidas de los flujos de las líneas antes de la extracción del *template* están en la Tabla 4.1 donde en la columna 1 se da la denominación de la galaxia y de la columna 2 a la columna 9 se presentan los flujos de [OII],  $H\beta$ , [OIII], [OI],  $H\alpha$ , [NII], [SII], [SII] respectivamente. El flujo presentado en esta Tabla está en unidades de  $10^{-17} \text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Después de quitar los *templates* tal como describimos en el Apartado 4.3.1, se medieron de nuevo las líneas que podían verse afectadas por algún tipo de absorción, es decir,  $H\beta$ , [OIII],  $H\alpha$  y [NII]. Los flujos medianos y la desviación media entre las cuatro nuevas medidas se presenta en la Tabla 4.2 de la columna 2 a la 5. Puesto que el tanto el [OII], como el [OI] y los dos azufres no se ven afectados por las absorciones de  $H\beta$ ,  $H\alpha$ , o alguna banda de absorción interestelar, estas líneas no fueron remedidas y los flujos son los reflejados en las columnas 2,5,8 y 9 de la Tabla 4.1

##### ORM

De las 56 galaxias observadas en este telescopio detectamos emisiones en 35 de ellas (63%). La medida de las líneas detectadas se da en la Tabla 4.3 para todas aquellas galaxias que muestran emisión. Como en el caso anterior, el flujo está en unidades de  $10^{-17} \text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$  excepto para H49a, H49b y H79b, que se observaron el mismo día y que por malas condiciones meteorológicas no tienen calibración fotométrica fiable. Los flujos presentados

para estas galaxias están en unidades relativas.

Después de quitar los *templates*, se realizó de nuevo la medida de las líneas afectadas por absorción. En la Tabla 4.2 de la columna 2 a la 5 se dan los nuevos flujos calculados y sus errores para  $H\beta$ , [OIII],  $H\alpha$  y [NII].

### SPM

De las 81 galaxias con datos en este observatorio, detectamos emisiones en 49 de ellas (un 60%). En la Tabla 4.5 están la medida de las líneas recogidas para los flujos medidos antes de la sustracción del *template*. En este caso, los flujos están en unidades relativas aunque si corregidos del efecto de extinción de la atmósfera y de los efectos instrumentales debido a la que las estrellas espectrofotométricas están realizadas con una rendija pequeña, la transformación entre el flujo fuera de la atmósfera y absoluto no se puede realizar.

Como ya hemos hecho con los datos de CAHA y ORM, después de la sustracción del *template* se volvieron a medir las líneas afectadas por absorción. En la Tabla 4.6 se presentan los flujos obtenidos para las cuatro líneas.

### OSN

De las 72 galaxias observadas en este telescopio sólo detectamos emisiones en 31 (43%). Esto se debe a que con este espectrógrafo se observaron muchas de las galaxias de la bibliografía o que teníamos previamente observadas en otros telescopios pero en los que no se veían emisiones y fueron reobservadas aquí para confirmarlo. Efectivamente, en la mayoría de las galaxias sin emisiones, reobservadas tampoco se detectó emisión con este instrumento; de aquí el porcentaje menor de emisiones. En la Tabla 4.7 está la medida de las líneas en aquellos espectros en los que sí se detectó emisión.

Para estas galaxias sólo hemos realizado la sustracción del *template* a aquellas que tienen características propias de TO o de AGN. En el caso de que una galaxia fuera claramente un SFN no le hemos aplicado ningún *template*.

En la Tabla 4.8 se dan las correspondientes medidas de los flujos y los errores después de la extracción del *template*.

Tabla 4.1: Datos para CAHA antes de la sustracción

Id	[OII]	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
H01a	127.70	84.00	77.80	15.79	431.40	149.50	87.93	69.32
H01c	94.01	-	38.40	-	47.10	102.40	51.10	41.20
H01d	-	-	25.00	-	-	39.44	7.11	7.75
H05a	241.40	5.40	80.47	48.08	102.70	337.70	83.84	66.27
H05b	-	-	-	-	-	3.32	-	3.12
H05d	-	-	4.69	-	25.32	13.89	7.79	6.93
H07a	344.60	253.00	397.00	91.55	3429.00	1857.00	445.90	385.00
H07c	105.70	84.30	19.30	-	893.20	303.00	119.40	105.70
H07d	97.86	17.70	16.60	-	170.00	65.72	39.01	28.38
H10a	177.50	-	-	-	109.30	358.60	151.30	113.30
H10c	38.07	60.70	19.64	-	692.40	336.80	76.66	72.69
H10d	-	-	-	-	33.65	39.99	9.98	6.24
H30b	-	-	-	-	-	67.92	4.24	6.36
H30c	36.45	25.10	46.50	9.39	188.60	117.70	47.93	51.37
H31a	1045.00	182.00	362.00	44.32	1934.00	389.50	326.80	239.80
H31b	585.90	89.80	221.00	37.53	751.70	79.03	138.10	88.59
H31c	396.70	170.30	353.60	13.72	799.00	123.00	116.80	77.11
H33a	-	-	-	-	-	106.00	-	-
H33c	-	-	-	-	67.43	32.41	9.95	7.26
H34a	-	10.97	21.20	-	152.70	150.10	-	15.89
H34b	18.08	24.70	7.33	-	205.40	92.18	33.56	23.77
H34c	119.50	115.80	73.44	9.57	632.10	211.70	96.37	80.40
H37c	-	-	16.44	-	34.86	38.04	-	-
H37e	-	-	-	-	52.78	40.90	0.83	-
H38a	-	7.93	8.75	-	179.90	76.88	19.80	18.81
H38b	-	82.30	16.50	44.48	900.60	448.80	59.71	54.77
H38c	-	-	7.35	-	117.30	89.38	20.83	22.57
H40e	-	-	-	-	0.65	10.18	-	-
H43a	-	16.28	-	-	74.78	45.20	11.16	5.98
H43b	-	12.70	3.40	-	156.20	74.36	24.19	51.80
H43d	-	-	-	-	31.50	16.98	1.44	6.64
H44d	-	13.55	22.60	-	74.11	30.02	16.20	12.93
H47a	-	-	-	-	23.37	92.17	14.57	19.96
H47b	-	-	29.74	-	14.76	79.58	12.42	25.18
H47c	-	25.88	3.26	-	169.60	71.95	20.48	24.81
H47d	-	5.99	9.97	-	9.94	7.28	3.96	-
H51b	-	-	-	-	51.82	63.70	-	-
H51c	-	-	-	-	21.00	59.54	10.73	26.96
H51d	-	-	-	-	-	29.66	-	-
H51e	-	8.51	14.90	-	27.99	50.24	3.20	11.61
H52b	-	-	-	-	31.54	-	8.83	14.97

Tabla 4.1: continuación

Id	[OII]	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
H52c	-	17.28	5.53	-	82.68	11.20	8.63	5.62
H57b	-	-	-	-	-	19.12	-	-
H57e	-	-	36.01	-	33.71	189.50	21.26	22.68
H59b	-	27.20	-	-	8.55	19.83	14.88	16.39
H59d	186.00	38.40	70.70	5.81	103.30	26.37	36.73	25.89
H75c	-	-	9.82	-	17.58	42.57	-	2.50
H75d	-	-	-	7.08	113.00	51.14	16.30	20.55
H76b	-	-	-	-	6.44	21.40	-	-
H80b	86.46	-	-	42.24	42.59	72.79	21.98	19.96
H80d	29.52	-	7.53	-	35.08	7.73	4.97	7.65
H82b	-	-	-	9.51	128.40	105.50	18.30	17.34
H82c	125.10	40.89	68.65	-	159.10	97.28	52.09	41.64
H82d	-	-	-	-	-	23.34	-	-
H85b	63.12	-	8.44	-	22.56	56.91	17.61	15.57
H93a	131.60	5.26	24.00	18.00	58.95	199.10	85.79	72.75
H93b	38.77	-	29.00	-	104.80	105.10	28.82	28.48
H93c	-	-	12.26	-	8.22	36.77	-	5.45
H93e	42.44	12.00	20.90	-	23.40	63.63	16.70	39.20
H95c	39.61	-	16.90	7.92	101.50	108.70	41.84	28.25
H96c	92.19	39.29	25.00	-	333.40	193.20	65.60	49.18
H99c	-	-	17.10	-	31.49	80.04	-	6.54
H100a	566.00	233.70	218.70	-	1123.00	671.40	246.40	194.40
H100b	-	84.07	70.73	29.08	427.80	87.27	64.37	48.56
H100c	792.10	195.30	220.40	16.66	629.20	141.10	146.00	115.10

NOTA: Todos los flujos están en  $10^{-17} \text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$

Tabla 4.2: Datos para CAHA después de la sustracción

Id	H $\beta$	[OIII]	H $\alpha$	[NII]
H01a	$89.97 \pm 2.85$	$86.01 \pm 1.06$	$463.70 \pm 1.21$	$155.20 \pm 0.99$
H01c	$13.94 \pm 2.48$	$43.85 \pm 2.60$	$111.00 \pm 5.53$	$121.40 \pm 5.92$
H01d	-	$27.69 \pm 2.86$	$35.54 \pm 2.36$	$48.25 \pm 2.61$
H05a	$29.40 \pm 2.59$	$91.99 \pm 3.24$	$137.80 \pm 1.85$	$348.90 \pm 2.58$
H05b	-	-	$2.22 \pm 0.45$	$5.71 \pm 1.37$
H05d	$6.48 \pm 1.74$	$6.70 \pm 0.20$	$31.05 \pm 0.95$	$15.19 \pm 0.38$
H07a	$558.60 \pm 20.95$	$697.10 \pm 24.95$	$3685.00 \pm 22.55$	$1894.00 \pm 20.33$
H07c	$210.40 \pm 3.67$	$33.10 \pm 8.07$	$939.70 \pm 5.87$	$310.70 \pm 2.47$
H07d	$44.02 \pm 4.01$	$26.13 \pm 1.25$	$193.60 \pm 2.11$	$69.66 \pm 1.01$

Tabla 4.2: continuación

Id	H $\beta$	[OIII]	H $\alpha$	[NII]
H10a	-	85.96 $\pm$ 7.70	289.20 $\pm$ 11.07	408.20 $\pm$ 12.45
H10c	64.76 $\pm$ 5.99	25.37 $\pm$ 2.98	789.10 $\pm$ 5.86	358.20 $\pm$ 3.70
H10d	-	-	73.64 $\pm$ 2.00	47.09 $\pm$ 1.78
H30b	-	28.59 $\pm$ 4.63	63.91 $\pm$ 8.19	82.07 $\pm$ 8.63
H30c	34.02 $\pm$ 6.17	61.64 $\pm$ 2.43	211.10 $\pm$ 1.36	121.60 $\pm$ 0.95
H31a	537.00 $\pm$ 3.35	671.60 $\pm$ 3.93	1955.00 $\pm$ 2.00	390.80 $\pm$ 0.98
H31b	206.70 $\pm$ 10.65	473.40 $\pm$ 3.90	770.60 $\pm$ 1.05	80.45 $\pm$ 0.66
H31c	200.00 $\pm$ 1.00	390.40 $\pm$ 1.33	809.20 $\pm$ 4.84	124.60 $\pm$ 1.20
H33a	-	-	87.15 $\pm$ 12.81	138.90 $\pm$ 4.40
H33c	9.78 $\pm$ 2.29	-	71.53 $\pm$ 0.26	33.11 $\pm$ 0.17
H34a	29.63 $\pm$ 6.24	21.72 $\pm$ 5.62	254.40 $\pm$ 6.44	171.50 $\pm$ 6.14
H34b	29.57 $\pm$ 0.27	8.02 $\pm$ 1.29	217.90 $\pm$ 0.68	94.02 $\pm$ 0.43
H34c	118.70 $\pm$ 1.10	75.27 $\pm$ 2.62	637.80 $\pm$ 0.24	212.20 $\pm$ 0.19
H37c	-	19.57 $\pm$ 0.88	59.86 $\pm$ 1.60	41.91 $\pm$ 1.17
H37e	-	-	70.91 $\pm$ 1.36	42.51 $\pm$ 1.03
H38a	14.99 $\pm$ 0.96	11.10 $\pm$ 1.92	204.50 $\pm$ 0.95	81.35 $\pm$ 0.75
H38b	98.23 $\pm$ 2.51	17.01 $\pm$ 3.74	938.50 $\pm$ 2.22	452.20 $\pm$ 1.68
H38c	-	12.14 $\pm$ 1.75	135.90 $\pm$ 0.98	92.85 $\pm$ 0.70
H40e	-	-	10.39 $\pm$ 1.00	11.15 $\pm$ 0.88
H43a	17.89 $\pm$ 0.85	-	87.79 $\pm$ 0.83	47.75 $\pm$ 0.69
H43b	15.13 $\pm$ 0.60	5.24 $\pm$ 2.48	163.40 $\pm$ 1.07	74.93 $\pm$ 0.68
H43d	-	-	38.13 $\pm$ 0.30	18.12 $\pm$ 0.21
H44d	20.85 $\pm$ 3.88	22.73 $\pm$ 0.61	78.41 $\pm$ 0.27	30.28 $\pm$ 0.19
H47a	-	13.51 $\pm$ 2.23	78.65 $\pm$ 4.97	111.10 $\pm$ 5.55
H47b	-	30.21 $\pm$ 2.13	89.03 $\pm$ 17.40	95.13 $\pm$ 15.86
H47c	28.23 $\pm$ 0.88	10.33 $\pm$ 1.54	191.60 $\pm$ 1.50	76.67 $\pm$ 0.83
H47d	6.76 $\pm$ 1.25	13.14 $\pm$ 0.08	17.05 $\pm$ 0.45	7.98 $\pm$ 0.25
H51b	-	-	115.60 $\pm$ 9.04	87.31 $\pm$ 8.18
H51c	22.06 $\pm$ 6.80	-	103.10 $\pm$ 7.61	81.69 $\pm$ 7.89
H51d	-	10.52 $\pm$ 2.79	20.27 $\pm$ 2.67	34.13 $\pm$ 3.01
H51e	11.59 $\pm$ 1.30	19.93 $\pm$ 0.58	48.16 $\pm$ 2.24	54.91 $\pm$ 2.31
H52b	-	-	49.81 $\pm$ 1.00	-
H52c	22.42 $\pm$ 3.82	7.60 $\pm$ 0.49	90.69 $\pm$ 0.36	11.69 $\pm$ 0.26
H57b	-	-	12.84 $\pm$ 1.70	26.30 $\pm$ 0.85
H57e	23.17 $\pm$ 2.98	65.38 $\pm$ 9.02	145.60 $\pm$ 6.73	222.10 $\pm$ 7.63
H59b	36.06 $\pm$ 0.67	-	62.56 $\pm$ 3.42	27.53 $\pm$ 2.89
H59d	41.41 $\pm$ 1.41	75.30 $\pm$ 1.15	109.70 $\pm$ 0.69	27.14 $\pm$ 0.33
H75c	7.65 $\pm$ 0.53	15.46 $\pm$ 1.75	48.96 $\pm$ 2.16	50.71 $\pm$ 1.92
H75d	16.16 $\pm$ 1.32	6.90 $\pm$ 1.35	124.80 $\pm$ 1.14	52.90 $\pm$ 0.67
H76b	-	-	32.97 $\pm$ 3.52	26.45 $\pm$ 1.95
H80b	21.40 $\pm$ 3.99	19.37 $\pm$ 2.35	83.44 $\pm$ 2.14	83.36 $\pm$ 2.23

Tabla 4.2: continuación

Id	H $\beta$	[OIII]	H $\alpha$	[NII]
H80d	-	8.93 $\pm$ 0.96	41.62 $\pm$ 0.20	8.39 $\pm$ 0.16
H82b	49.32 $\pm$ 1.29	14.57 $\pm$ 2.40	226.00 $\pm$ 7.84	121.90 $\pm$ 5.49
H82c	45.77 $\pm$ 1.10	70.30 $\pm$ 1.99	166.30 $\pm$ 0.69	97.49 $\pm$ 0.35
H82d	-	-	-	34.81 $\pm$ 2.35
H85b	-	10.06 $\pm$ 1.46	56.83 $\pm$ 1.91	62.10 $\pm$ 2.27
H93a	19.13 $\pm$ 5.69	45.39 $\pm$ 11.30	180.80 $\pm$ 7.59	228.80 $\pm$ 8.84
H93b	11.76 $\pm$ 1.54	54.28 $\pm$ 1.60	141.40 $\pm$ 2.00	113.50 $\pm$ 1.50
H93c	-	16.47 $\pm$ 2.21	45.39 $\pm$ 2.26	45.59 $\pm$ 2.04
H93e	24.72 $\pm$ 1.87	35.48 $\pm$ 8.88	85.92 $\pm$ 5.39	80.92 $\pm$ 5.22
H95c	22.42 $\pm$ 1.32	25.66 $\pm$ 3.64	114.30 $\pm$ 0.78	111.40 $\pm$ 0.79
H96c	47.57 $\pm$ 1.63	29.14 $\pm$ 2.20	367.90 $\pm$ 2.43	200.90 $\pm$ 0.76
H99c	-	17.31 $\pm$ 2.00	75.39 $\pm$ 2.87	91.22 $\pm$ 2.31
H100a	309.50 $\pm$ 20.32	279.70 $\pm$ 37.70	1341.00 $\pm$ 10.39	713.50 $\pm$ 7.99
H100b	92.75 $\pm$ 12.20	86.30 $\pm$ 2.20	449.70 $\pm$ 2.41	90.28 $\pm$ 0.83
H100c	310.80 $\pm$ 4.23	295.10 $\pm$ 5.73	660.80 $\pm$ 2.82	145.40 $\pm$ 0.90

NOTA: Todos los flujos están en  $10^{-17}$  erg cm $^{-2}$  s $^{-1}$

Tabla 4.3: Datos para ORM antes de la sustracción

Id	[OII]	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
H03a	5.84	-	12.36	4.81	34.42	67.84	1.71	2.99
H03b	64.01	-	-	-	67.58	102.50	-	-
H03c	30.93	47.02	5.11	3.09	149.60	50.57	13.98	5.96
H06b	-	-	-	-	17.21	18.94	8.74	-
H06d	5.56	-	0.89	1.25	14.70	4.51	-	2.79
H13a	75.65	-	18.79	-	15.02	55.57	15.44	12.50
H13b	89.39	-	-	-	21.77	22.57	28.98	15.05
H13c	39.52	-	-	2.22	10.42	18.14	7.46	3.54
H26a <sup>1</sup>	-	-	-	7.93	156.00	40.80	28.30	23.20
H26b	-	-	-	5.39	2.68	13.81	-	-
H26e	41.63	15.01	24.37	3.14	82.35	14.23	18.59	13.75
H26f	31.67	8.62	27.19	-	23.27	-	-	-
H26g	50.05	13.40	56.13	-	30.11	3.47	0.96	2.21
H28a	-	-	-	-	-	4.28	-	-
H28b	32.40	-	-	-	3.46	41.99	6.16	-
H31G	648.00	57.26	292.00	11.27	393.50	40.52	84.39	61.70
H40c <sup>1,2</sup>	-	-	-	-	39.83	23.97	8.55	-
H40d <sup>2</sup>	-	44.43	24.37	5.79	604.80	403.80	3.88	-
H46a	20.15	-	18.80	-	6.45	48.86	-	-
H46b	67.01	-	17.08	7.37	31.55	68.39	-	-

Tabla 4.3: continuación

Id	[OII]	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
H46c	-	-	-	-	-	20.09	-	-
H48b	106.70	54.54	476.80	18.56	782.90	608.50	148.80	138.90
H49a <sup>2</sup>	178.80	23.43	49.03	-	36.82	7.24	8.14	4.02
H49b <sup>2</sup>	237.80	55.85	195.30	4.02	115.90	5.17	16.15	7.40
H49c	148.40	29.98	81.97	-	125.30	18.22	11.15	21.71
H49d	358.90	28.88	116.10	-	62.74	9.79	13.00	8.92
H64a	30.48	-	-	-	7.01	38.87	23.22	11.13
H64b	64.52	10.33	62.77	22.05	124.20	129.40	56.17	52.33
H64c	131.80	-	20.67	6.01	213.40	52.46	75.64	-
H67c	30.52	-	-	4.72	18.40	6.36	-	-
H67d	12.71	-	15.39	-	9.60	93.08	-	-
H76b	-	-	-	-	-	14.88	-	-
H79b <sup>2</sup>	67.65	-	-	-	310.50	158.80	45.09	49.66
H79d	192.10	22.60	37.47	-	235.10	32.54	60.55	21.37
H80b	25.00	-	-	-	16.61	25.49	1.02	-
H80d	3.78	-	1.60	-	15.28	3.31	2.02	1.68

NOTA: <sup>1</sup> Estas galaxias han sido observadas con la GR8 por lo que no se les ha quitado ningún *template*. <sup>2</sup>Estas galaxias no han sido calibradas en flujo absoluto pero han sido corregidas de la respuesta instrumental. Todos los flujos salvo las galaxias identificadas con un <sup>(2)</sup> están en  $10^{-17}\text{erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Tabla 4.4: Datos para ORM después de la sustracción

Id	H $\beta$	[OIII]	H $\alpha$	[NII]
H03a	$3.86 \pm 0.65$	$18.35 \pm 1.08$	$49.16 \pm 3.10$	$73.24 \pm 1.26$
H03b	$51.44 \pm 30.00$	$32.96 \pm 18.20$	$179.80 \pm 28.07$	$130.00 \pm 3.29$
H03c	$54.09 \pm 1.08$	$8.31 \pm 0.59$	$156.20 \pm 1.47$	$52.00 \pm 0.33$
H06b	- $\pm$ -	-	$43.01 \pm 4.33$	$27.68 \pm 0.66$
H06d	-	$1.81 \pm 0.25$	$17.11 \pm 0.46$	$4.94 \pm 0.13$
H13a	-	$25.88 \pm 1.85$	$25.71 \pm 2.33$	$59.05 \pm 0.46$
H13b	$22.42 \pm 3.35$	$7.36 \pm 2.21$	$45.91 \pm 4.32$	$28.14 \pm 2.95$
H13c	$8.02 \pm 3.13$	$12.39 \pm 0.62$	$23.52 \pm 2.52$	$22.28 \pm 0.69$
H26a	-	-	$156.00 \pm 0.00$	$40.80 \pm 0.00$
H26b	$5.39 \pm 8.34$	$13.59 \pm 2.98$	$32.16 \pm 7.15$	$19.70 \pm 2.18$
H26e	$21.64 \pm 0.86$	$27.56 \pm 0.52$	$84.53 \pm 0.44$	$14.71 \pm 0.14$
H26f	$25.35 \pm 4.92$	$30.16 \pm 0.30$	$37.62 \pm 0.86$	-
H26g	$24.17 \pm 2.08$	$59.12 \pm 0.64$	$32.02 \pm 0.38$	$3.81 \pm 0.11$
H28a	-	-	$8.43 \pm 2.50$	$6.69 \pm 0.51$
H28b	-	$17.23 \pm 1.30$	$33.37 \pm 6.90$	$52.09 \pm 3.13$
H31G	$116.60 \pm 12.48$	$321.20 \pm 1.23$	$423.30 \pm 8.58$	$45.24 \pm 1.95$

Tabla 4.4: continuación

Id	H $\beta$	[OIII]	H $\alpha$	[NII]
H40d	7.51 $\pm$ 1.13	4.05 $\pm$ 0.15	66.30 $\pm$ 1.38	41.29 $\pm$ 0.10
H46a	7.88 $\pm$ 1.71	34.79 $\pm$ 3.34	38.84 $\pm$ 8.44	60.82 $\pm$ 1.37
H46b	25.52 $\pm$ 15.21	34.26 $\pm$ 4.52	65.68 $\pm$ 8.15	77.52 $\pm$ 0.78
H46c	-	22.12 $\pm$ 2.18	22.62 $\pm$ 11.25	27.74 $\pm$ 2.09
H48b	125.50 $\pm$ 21.32	518.60 $\pm$ 8.95	856.00 $\pm$ 15.45	622.10 $\pm$ 2.13
H49a	30.05 $\pm$ 2.04	51.29 $\pm$ 0.65	38.31 $\pm$ 0.29	7.53 $\pm$ 0.08
H49b	65.28 $\pm$ 1.99	199.10 $\pm$ 0.48	116.90 $\pm$ 0.28	5.48 $\pm$ 0.08
H49c	38.06 $\pm$ 1.82	86.42 $\pm$ 1.07	128.40 $\pm$ 0.61	18.33 $\pm$ 0.15
H49d	47.15 $\pm$ 4.96	128.00 $\pm$ 1.30	65.55 $\pm$ 0.96	10.42 $\pm$ 0.27
H64a	10.35 $\pm$ 5.62	9.83 $\pm$ 0.84	25.39 $\pm$ 4.39	47.73 $\pm$ 1.26
H64b	32.11 $\pm$ 4.42	72.50 $\pm$ 0.55	140.30 $\pm$ 3.00	133.70 $\pm$ 0.67
H64c	47.90 $\pm$ 8.07	36.01 $\pm$ 4.60	237.00 $\pm$ 2.60	55.84 $\pm$ 0.80
H67c	-	-	34.42 $\pm$ 6.27	8.21 $\pm$ 1.18
H67d	-	36.46 $\pm$ 2.60	40.57 $\pm$ 7.83	104.80 $\pm$ 2.83
H76b	-	-	8.59 $\pm$ 8.80	20.79 $\pm$ 1.44
H79b	62.06 $\pm$ 14.75	33.33 $\pm$ 12.03	358.90 $\pm$ 10.51	168.80 $\pm$ 3.51
H79d	37.63 $\pm$ 2.73	41.06 $\pm$ 2.70	242.10 $\pm$ 1.31	33.92 $\pm$ 0.40
H80b	6.22 $\pm$ 3.08	3.35 $\pm$ 1.38	30.18 $\pm$ 3.23	28.05 $\pm$ 0.43
H80d	1.68 $\pm$ 0.36	3.14 $\pm$ 0.21	17.27 $\pm$ 0.37	3.66 $\pm$ 0.10

NOTA: Todos los flujos están en  $10^{-17}$  erg cm $^{-2}$  s $^{-1}$  salvo H40d, H49ab y H79b

Tabla 4.5: Datos de SPM antes de la sustracción

Id	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
H2a	12.80	14.70	0.71	45.60	10.06	8.52	7.60
H2b	53.10	46.60	3.10	213.60	63.18	34.86	25.46
H2c	1.53	1.52	-	7.32	2.10	1.90	1.38
H14a	2.99	2.09	1.75	25.43	14.11	4.24	0.11
H18d	9.38	30.30	0.82	28.39	1.63	3.38	2.47
H38b	-	-	-	14.85	8.30	-	-
H41a*	-	-	-	3.11	6.40	-	-
H41c*	4.89	1.89	1.15	40.13	15.11	6.14	4.92
H41G*	-	-	-	18.75	7.24	-	-
H44a	-	-	-	-	41.11	5.21	8.55
H44c	4.46	25.10	3.29	37.96	30.19	7.91	7.79
H46a*	0.26	1.77	-	1.09	3.85	-	-
H46b*	-	-	-	-	0.47	-	-
H46c*	-	-	-	-	1.55	-	-
H47a	-	-	-	-	1.96	-	0.13
H47b	-	-	0.31	-	2.51	-	-

Tabla 4.5: continuación

Id	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SIII]
H47c	0.98	-	0.18	6.16	2.49	0.28	0.82
H47d	-	-	-	-	0.54	-	0.02
H51b	-	-	-	0.00	1.13	-	-
H51c	-	-	-	-	1.39	-	-
H51d	-	-	-	-	0.09	-	-
H51e	-	-	-	-	0.76	-	-
H57a*	-	-	-	7.72	16.06	-	1.97
H57b	-	-	-	-	0.97	-	-
H57d*	6.34	9.89	2.41	34.90	15.71	9.07	5.77
H57e	-	-	-	-	3.39	-	0.27
H61a	-	-	-	-	13.14	2.83	5.29
H61c	-	-	-	18.68	13.06	3.81	2.53
H69a*	-	-	-	3.62	2.53	0.36	0.58
H69b*	1.63	3.13	3.17	52.07	64.51	-	-
H70b	0.83	3.74	-	3.65	6.78	-	0.66
H70c	-	-	-	1.45	0.59	-	-
H71a	2.94	5.58	3.86	19.78	31.69	10.10	5.94
H71b	-	-	-	3.35	7.37	0.67	1.27
H71c	0.94	0.21	-	4.63	1.57	0.56	0.47
H75b	-	-	-	0.56	0.89	-	0.04
H75c	-	-	-	0.02	0.26	0.09	0.05
H75d	0.89	-	0.06	6.91	2.61	0.97	0.78
H80a	-	-	-	1.40	1.41	0.45	0.28
H81a	2.23	0.71	0.45	35.14	11.72	5.48	3.75
H81c	-	-	0.01	0.14	1.40	0.98	0.52
H82b	-	-	-	4.18	2.85	-	-
H82c	0.51	0.80	0.36	12.21	7.54	3.27	2.00
H82d	-	-	0.26	9.36	3.40	2.25	1.29
H88a	-	-	-	2.28	7.07	-	-
H88d	1.36	1.99	0.39	9.15	2.46	2.27	-
H89c	1.26	0.78	-	5.39	1.98	0.79	0.85
H89d	2.89	8.63	0.48	9.94	0.46	1.35	1.20
H97b	0.06	0.39	0.19	1.32	1.17	-	-
H99c	-	-	-	-	1.45	-	-

Tabla 4.6: Datos de SPM después de la sustracción

Id	H $\beta$	[OIII]	H $\alpha$	[NII]
H2a	12.90 $\pm$ 0.27	14.80 $\pm$ 0.30	45.70 $\pm$ 0.20	10.15 $\pm$ 0.20
H2b	56.20 $\pm$ 0.78	48.40 $\pm$ 1.27	216.80 $\pm$ 0.46	63.77 $\pm$ 0.20
H2c	1.84 $\pm$ 0.06	1.69 $\pm$ 0.16	8.07 $\pm$ 0.05	2.23 $\pm$ 0.03

Tabla 4.6: continuación

Id	H $\beta$	[OIII]	H $\alpha$	[NII]
H14a	3.96 $\pm$ 0.23	2.21 $\pm$ 0.39	28.06 $\pm$ 0.40	14.60 $\pm$ 0.21
H18d	9.68 $\pm$ 0.19	30.65 $\pm$ 0.15	28.50 $\pm$ 0.02	1.65 $\pm$ 0.01
H38b	1.35 $\pm$ 0.43	0.54 $\pm$ 0.13	16.33 $\pm$ 0.21	8.57 $\pm$ 0.09
H41a*	-	5.02 $\pm$ 0.78	14.76 $\pm$ 1.78	9.75 $\pm$ 0.99
H41c*	6.26 $\pm$ 0.37	2.08 $\pm$ 0.85	42.31 $\pm$ 0.35	15.39 $\pm$ 0.17
H41G*	2.02 $\pm$ 0.23	2.34 $\pm$ 0.86	22.70 $\pm$ 0.39	8.07 $\pm$ 0.21
H44a	-	9.98 $\pm$ 3.58	13.63 $\pm$ 3.48	49.98 $\pm$ 1.71
H44c	6.16 $\pm$ 0.73	26.50 $\pm$ 6.95	43.91 $\pm$ 0.54	32.13 $\pm$ 0.31
H46a*	1.09 $\pm$ 0.36	1.85 $\pm$ 0.60	3.23 $\pm$ 0.27	4.31 $\pm$ 0.17
H46b*	-	-	0.35 $\pm$ 0.44	0.60 $\pm$ 0.19
H46c*	-	-	1.13 $\pm$ 0.19	1.82 $\pm$ 0.12
H47a	-	-	1.88 $\pm$ 0.38	2.38 $\pm$ 0.28
H47b	1.54 $\pm$ 0.78	2.01 $\pm$ 0.94	3.08 $\pm$ 0.48	3.59 $\pm$ 0.30
H47c	1.16 $\pm$ 0.19	1.22 $\pm$ 0.32	7.02 $\pm$ 0.09	2.65 $\pm$ 0.05
H47d	-	-	0.20 $\pm$ 0.04	0.59 $\pm$ 0.03
H51b	-	0.78 $\pm$ 0.15	0.97 $\pm$ 0.13	1.28 $\pm$ 0.09
H51c	0.63 $\pm$ 0.29	0.31 $\pm$ 0.22	1.65 $\pm$ 0.41	1.76 $\pm$ 0.24
H51d	-	-	- $\pm$ -	0.26 $\pm$ 0.06
H51e	-	-	1.23 $\pm$ 0.28	1.11 $\pm$ 0.16
H57a*	-	-	17.54 $\pm$ 1.27	18.85 $\pm$ 0.78
H57b	0.41 $\pm$ 0.07	0.45 $\pm$ 0.09	0.89 $\pm$ 0.18	1.51 $\pm$ 0.12
H57d*	7.85 $\pm$ 0.34	10.72 $\pm$ 0.74	39.43 $\pm$ 0.60	16.62 $\pm$ 0.29
H57e	-	0.87 $\pm$ 0.29	1.79 $\pm$ 0.28	4.04 $\pm$ 0.18
H61a	-	3.38 $\pm$ 1.35	6.75 $\pm$ 1.50	16.49 $\pm$ 0.98
H61c	1.32 $\pm$ 0.78	2.25 $\pm$ 0.97	23.01 $\pm$ 0.48	14.27 $\pm$ 0.24
H69a*	-	-	6.33 $\pm$ 0.32	3.17 $\pm$ 0.17
H69b*	3.69 $\pm$ 0.70	5.20 $\pm$ 1.07	57.71 $\pm$ 0.71	65.85 $\pm$ 0.44
H70b	1.74 $\pm$ 0.42	5.28 $\pm$ 0.93	6.36 $\pm$ 0.30	7.71 $\pm$ 0.15
H70c	0.42 $\pm$ 0.06	0.23 $\pm$ 0.11	1.94 $\pm$ 0.05	0.66 $\pm$ 0.02
H71a	6.32 $\pm$ 0.26	6.49 $\pm$ 0.60	22.98 $\pm$ 0.40	32.67 $\pm$ 0.23
H71b	-	2.46 $\pm$ 0.64	5.71 $\pm$ 0.32	8.07 $\pm$ 0.22
H71c	1.15 $\pm$ 0.05	0.32 $\pm$ 0.08	4.93 $\pm$ 0.05	1.62 $\pm$ 0.03
H75b	-	-	2.18 $\pm$ 0.25	1.13 $\pm$ 0.12
H75c	-	0.16 $\pm$ 0.07	0.35 $\pm$ 0.05	0.33 $\pm$ 0.03
H75d	1.14 $\pm$ 0.07	0.30 $\pm$ 0.09	7.52 $\pm$ 0.08	2.72 $\pm$ 0.04
H80a	-	-	1.99 $\pm$ 0.09	1.56 $\pm$ 0.06
H81a	2.32 $\pm$ 0.17	0.74 $\pm$ 0.05	36.56 $\pm$ 0.19	11.93 $\pm$ 0.10
H81c	0.22 $\pm$ 0.16	0.30 $\pm$ 0.10	1.18 $\pm$ 0.13	1.65 $\pm$ 0.08
H82b	0.52 $\pm$ 0.09	0.27 $\pm$ 0.15	7.63 $\pm$ 0.35	3.53 $\pm$ 0.18
H82c	0.66 $\pm$ 0.09	0.82 $\pm$ 0.10	13.96 $\pm$ 0.33	8.06 $\pm$ 0.20
H82d	-	-	10.03 $\pm$ 0.14	3.51 $\pm$ 0.06

Tabla 4.6: continuación

Id	H $\beta$	[OIII]	H $\alpha$	[NII]
H88a	0.92 $\pm$ 0.30	1.80 $\pm$ 0.67	6.29 $\pm$ 0.50	8.54 $\pm$ 0.35
H88d	1.68 $\pm$ 0.15	2.14 $\pm$ 0.10	10.38 $\pm$ 0.13	2.66 $\pm$ 0.06
H89c	1.38 $\pm$ 0.01	0.80 $\pm$ 0.12	5.88 $\pm$ 0.09	2.05 $\pm$ 0.04
H89d	3.17 $\pm$ 0.11	9.11 $\pm$ 0.07	10.55 $\pm$ 0.06	0.50 $\pm$ 0.02
H97b	0.43 $\pm$ 0.11	0.70 $\pm$ 0.16	2.00 $\pm$ 0.10	1.23 $\pm$ 0.06
H99c	-	0.75 $\pm$ 0.25	0.73 $\pm$ 0.17	1.88 $\pm$ 0.10

Tabla 4.7: Datos de OSN antes de la sustracción

Id	[OII]	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
H15a	-	-	-	-	33.81	66.25	-	-
H23b	-	-	-	-	415.80	324.50	110.70	85.27
H23N	-	-	-	-	-	143.00	-	-
H24b	-	-	-	-	-	43.34	-	-
H25a	72.45	19.37	-	-	230.00	83.89	43.75	8.73
H31G	613.20	183.40	480.50	-	616.70	79.97	102.30	71.97
H31Q	-	-	-	-	18.82	13.69	10.49	14.10
H31AN	74.94	11.60	-	-	89.35	36.18	33.08	14.76
H31N1729	-	-	-	-	816.50	363.50	133.10	86.22
H43a	-	-	-	-	182.30	81.46	23.67	29.95
H43b	45.23	20.02	21.51	-	386.80	173.20	71.54	51.06
H46a	65.97	-	-	-	28.63	62.02	-	-
H52b	-	-	-	-	27.30	9.26	-	-
H57a	-	-	-	-	68.32	90.61	-	-
H57h	-	-	-	14.32	133.80	57.22	19.00	16.23
H59a	818.50	58.39	76.52	87.09	743.10	664.50	307.30	228.30
H59c	648.40	-	-	-	297.50	97.58	50.69	49.62
H61a	119.00	-	-	-	74.89	446.70	111.50	183.60
H61c	-	-	-	-	267.30	174.70	65.85	104.00
H68d	-	-	-	-	-	116.50	24.87	-
H69a	-	-	-	-	-	31.66	9.99	8.97
H75c	-	-	-	-	48.97	40.34	-	-
H80a	34.57	-	-	-	302.90	105.20	44.44	36.63
H80b	55.99	-	-	-	59.59	68.84	17.94	-
H80c	205.40	60.03	106.80	-	326.70	65.80	60.53	48.24
H80d	24.56	7.56	12.23	-	41.32	9.86	9.38	3.95
H85b	97.62	-	-	-	29.77	71.45	25.50	-
H92N	-	-	-	-	1.77	33.73	-	-
H99c	-	-	-	-	-	64.77	-	-
H100b	202.50	99.85	61.25	-	351.40	87.01	66.26	59.09
H100d	470.00	185.10	170.10	-	817.20	190.10	169.10	116.90

Tabla 4.7: continuación

Id	[OII]	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
NOTA: Todos los flujos están en unidades de $10^{-17}$ erg cm $^{-2}$ s $^{-1}$								

Tabla 4.8: Datos de OSN después de la sustracción

Id	H $\beta$	[OIII]	H $\alpha$	[NII]
H23b	-	74.12 $\pm$ 40.60	506.90 $\pm$ 28.80	328.10 $\pm$ 1.55
H23N	93.19 $\pm$ 43.14	-	138.60 $\pm$ 55.30	155.30 $\pm$ 14.40
H24b	-	-	47.64 $\pm$ 13.81	43.40 $\pm$ 4.73
H31AN	26.29 $\pm$ 2.52	20.93 $\pm$ 3.50	106.40 $\pm$ 1.93	43.77 $\pm$ 11.93
H31N1729	135.50 $\pm$ 26.52	92.02 $\pm$ 2.13	878.30 $\pm$ 26.25	370.50 $\pm$ 3.77
H43a	33.04 $\pm$ 2.67	-	196.20 $\pm$ 11.30	91.01 $\pm$ 4.19
H43b	49.70 $\pm$ 4.97	22.10 $\pm$ 2.38	393.20 $\pm$ 10.43	179.90 $\pm$ 3.52
H57a	-	-	204.00 $\pm$ 25.67	171.00 $\pm$ 2.33
H57h	24.27 $\pm$ 3.55	27.11 $\pm$ 2.96	157.90 $\pm$ 5.85	59.90 $\pm$ 1.59
H59a	101.40 $\pm$ 8.80	101.50 $\pm$ 9.81	836.00 $\pm$ 24.98	675.60 $\pm$ 9.35
H61a	-	154.60 $\pm$ 25.20	293.50 $\pm$ 81.68	497.10 $\pm$ 12.82
H61c	54.78 $\pm$ 10.98	-	280.70 $\pm$ 19.78	201.20 $\pm$ 7.98
H68d	-	-	-	166.60 $\pm$ 6.22
H69a	-	-	14.16 $\pm$ 2.26	35.32 $\pm$ 2.83
H76f	-	-	15.42 $\pm$ 3.11	-
H80a	-	-	302.30 $\pm$ 5.75	107.80 $\pm$ 1.07
H85b	-	-	87.05 $\pm$ 14.19	77.32 $\pm$ 5.00
H92N	-	-	27.31 $\pm$ 8.13	34.72 $\pm$ 1.55
H95d	-	-	69.25 $\pm$ 68.06	-

NOTA: Todos los flujos están en unidades de  $10^{-17}$  erg cm $^{-2}$  s $^{-1}$

#### 4.4.2. Medida de las líneas en la muestra de UZC-CG

Al igual que en la muestra de HCGs, para la detección de líneas en emisión se han inspeccionado cada uno de los 720 espectros descritos en el Apartado 2.2.1.

Del catálogo UZC-CG tenemos espectros de los archivos de Z-Machine, FAST y Sloan. Como hemos dicho en el capítulo anterior, los espectros de Z-Machine no están calibrados en flujo ni corregidos de la respuesta instrumental por lo que en estos espectros no se puede hacer la sustracción de la población estelar. En el caso de los espectros de FAST, aunque no están calibrados en flujo absoluto, sí están corregidos de la respuesta instrumental, pero al contrario que para los de Sloan, no se dispone de un estudio sobre una muestra amplia de espectros para ser utilizados como *templates* o utilizar la técnica de componentes principales. Esto quiere decir que sólo podemos hacer la sustracción de la componente estelar en los datos del SDSS utilizando el método de las componentes principales que hemos explicado en el Apartado 4.3.2.

Puesto que sólo podríamos sustraer la componente estelar de la galaxia a un tercio de los espectros de la muestra UZC-CG, para la clasificación se han utilizado las medidas de las líneas sin la sustracción del espectro de absorción. Para comprobar el efecto que podía estar teniendo este hecho, analizamos el estudio de las variaciones que se inferían de los datos de las galaxias de la muestra de HCG antes y después de quita el *template* y encontramos que menos de un 3% cambiaría su clasificación de AGN-TO a SFN por lo que tenemos una cota.

Utilizaremos en el Capítulo 7 el método de las componentes principales para quitar la población estelar a los espectros del SDSS con el fin de detectar la presencia componentes anchas en las líneas de emisión, que se puedan haber perdido por la contaminación de la galaxias.

Una vez detectadas las emisiones, se midieron las anchuras equivalentes de las líneas. En algunos casos  $H\alpha$ , y sobre todo,  $H\beta$  están afectadas por la absorción debida a la componente estelar. Puesto que no se pudo llevar a cabo la sustracción del *template*, para minimizar los efectos de la contaminación debido a la galaxia, se midieron estas líneas de emisión tomando como continuo la base de la absorción.

En el caso de los espectros de Z-Machine, la mayoría de las anchuras equivalentes estan disponibles en la base de datos. Las que no habían sido detectadas en ese catálogo (más de 100) se han medido usando el programa SPLOT de IRAF. Entre los 642 espectros de Z-Machine encontramos un total de 366 galaxias (57%) con emisión.

Para los espectros del SDSS-DR4, no solo el espectrógrafo es más eficiente, sino también el sistema automático de reducción y extracción de las emisiones. Aún así, en los ficheros de medidas del catálogo, hay líneas en emisión dentro de las de absorción que no están bien medidas e incluso hay líneas que el método no detecta si se encuentran totalmente

inmersas en las absorciones de hidrógeno. Todos los espectros fueron revisados y dichas líneas medidas. De los 221 espectros de SDSS-DR4 se encontraron líneas de emisión en 176, el 80 % de los espectros.

En la base de datos del espectrógrafo FAST, sólo están disponibles los espectros y no hay medidas de las líneas. Para los 218 espectros disponibles en este archivo hemos medido, usando de nuevo SPLOT, las EW para las 119 galaxias en las que se detectaron emisiones.

Dado que tenemos datos de tres espectrógrafos distintos con diferentes configuraciones, podemos cuantificar la eficiencia que tienen los tres sistemas detectando galaxias líneas de emisión. Para ello hemos usado los espectros comunes entre los tres archivos.

Entre Z-Machine y SDSS-DR4 hemos encontrado 131 espectros comunes de los que, según los espectros de Z-Machine, 80 tienen emisiones y según los espectros de SDSS-DR4 son 108 los que muestran algún tipo de emisión. Esto quiere decir, que el espectrógrafo usado para hacer el SDSS-DR4 es un 20 % más eficiente que el de Z-Machine. Además, de las 28 galaxias en las que SDSS-DR4 ha detectado líneas de emisión y los espectros de Z-Machine no, el 90 % los hemos clasificado como AGNs como veremos en el Capítulo 5 y más concretamente AGNs de baja luminosidad. Esto quiere decir que no sólo el porcentaje de galaxias con emisión en este catálogo está subestimado, puesto que la mitad de la muestra son espectros de Z-Machine, sino que tenemos una cota inferior al número de AGNs.

Respecto a los archivos entre Z-Machine y FAST, hay 82 galaxias en común. Todas habían sido clasificadas como sin emisiones según los espectros de Z-Machine, no tenían datos en el SDSS y por eso se buscaron en FAST. Según los espectros de FAST, 24 de las 82, tienen líneas de emisión y al igual que con los datos de SDSS-DR4, el 90 % los AGNs de baja luminosidad.

Comparando las galaxias con espectros en SDSS-DR4 y en FAST, vemos que de los 40 espectros en común, 27 tienen emisiones que se ven tanto en los espectros de SDSS-DR4 como en los de FAST, es decir que estos dos espectrógrafos son igual de eficientes para la detección de emisiones aunque los espectros de SDSS-DR4 tienen una mayor señal a ruido (S/N) que los de FAST: los espectros de SDSS-DR4 tienen una S/N del continuo media de 44 mientras que los de FAST tienen una S/N media de 14.

En la Figura 4.4.2 presentamos dos ejemplos en los que se aprecia claramente la diferencia entre los espectros de los tres diferentes archivos. Se muestran dos galaxias de la muestra:

- En el caso de UZC-CG 93a (Fig4.4.2a), clasificada como SFN, las intensas líneas de emisión son detectadas en los tres espectros sobre un continuo estelar casi inexistente.
- Para UZC-CG 95c (Fig4.4.2b) , con un AGN en su núcleo, diluido por un fuerte continuo de la población estelar subyacente, las líneas de emisión se detectaron claramente en el espectro de SDSS-DR4 y el de FAST mientras aparece como un espectro sólo de absorción en Z-machine.

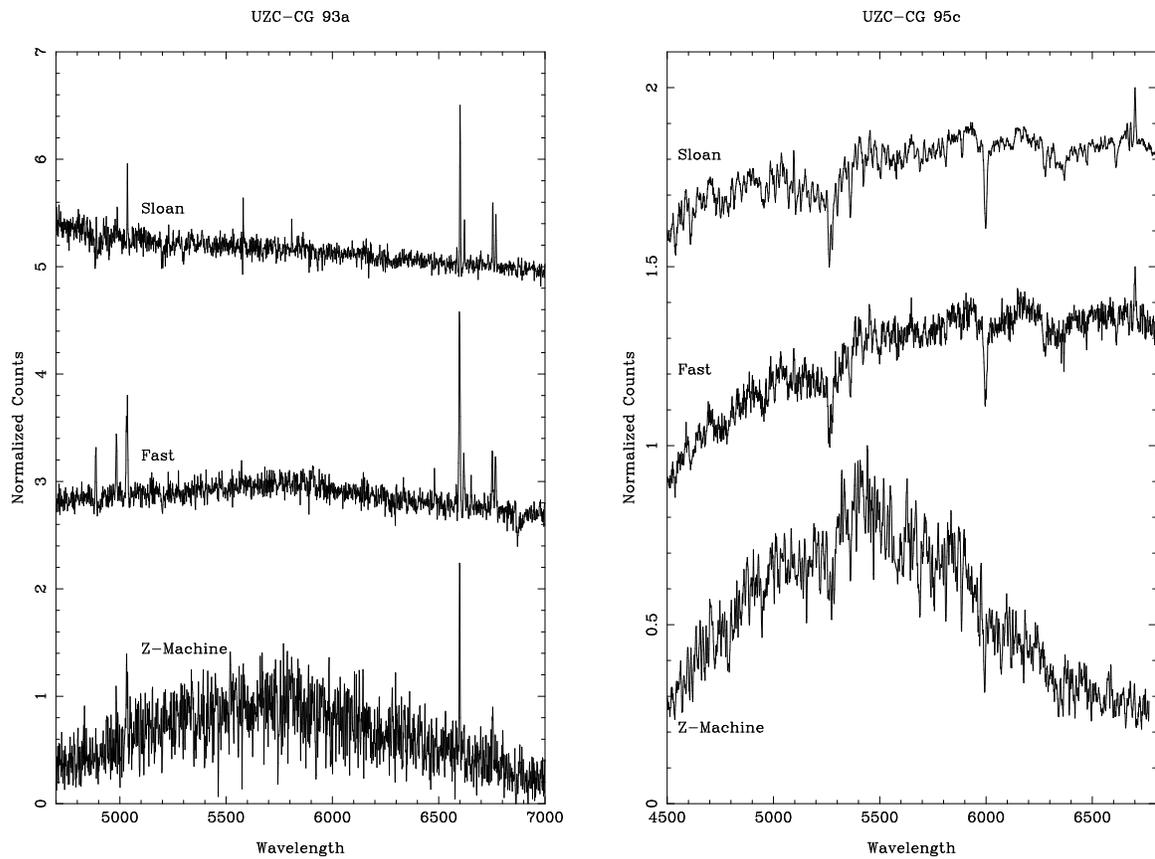


Figura 4.7: Espectros de las galaxias UZC-CG 93a y UZC-CG 95c en las tres bases de datos. El espectro superior corresponde a SDSS-DR4, el del medio a FAST y el inferior viene del archivo de Z-Machine. Se observa claramente la similitud entre los espectros provenientes de SDSS-DR4 y FAST y la gran diferencia con el obtenido por Z-Machine.

De acuerdo con este análisis, en el caso de una galaxia con datos en varios archivos, hemos priorizado en primer lugar los espectros de SDSS-DR4 ya que son los de mejor calidad; en segundo lugar los de FAST, que aunque no tengan tan buena S/N sí son igual de eficientes a la hora de detectar emisiones; y por último, si no tenemos datos en SDSS-DR4 o en FAST, tomamos los datos del espectrógrafo de Z-Machine.

Dado que tenemos medidas de EW de tres espectrógrafos distintos hemos comprobado también que podemos utilizarlos conjuntamente en este estudio. Para ello tomamos los espectros en común entre las tres bases de datos que muestran emisiones. Tomamos las medidas de los espectros de SDSS-DR4 como referencia.

Como vimos anteriormente, de los 131 datos en común entre SDSS-DR4 y Z-Machine, 80 tenían emisiones visibles tanto en los espectros de SDSS-DR4 como los de Z-Machine. Entre SDSS-DR4 y FAST, los espectros en común que muestran emisiones en ambas bases de datos son 24. Hemos calculado los cocientes  $EW([OIII])/EW(H\beta)$  y  $EW([NII])/EW(H\alpha)$  para los 80 espectros con emisión en común entre SDSS-DR4 y Z-Machine y los 24 espectros con emisión entre SDSS-DR4 y FAST. En la Figura 4.4.2 hemos representado los valores del cociente  $[OIII]/H\beta$  (4.4.2a) y  $[NII]/H\alpha$  (4.4.2b) en los tres archivos. Los asteriscos corresponde a los valores de espectros comunes entre SDSS y Z-Machine, cuya coordenada en el eje de abscisas viene del cociente de las líneas medidas en el espectro de SDSS y la de ordenadas viene del cociente de las líneas medidas en el espectro de Z-Machine. Los cuadrados corresponden a aquellos objetos con espectros en común en SDSS y en FAST donde de nuevo la coordenada en el eje de abscisas viene del cociente en el espectros de SDSS y la de ordenada del cociente en el espectro de FAST. En ambas figuras también está representado la línea de pendiente uno que pasa por el origen de coordenadas y que muestra que hay un buen ajuste entre todos los datos. De aquí que podamos afirmar que las relaciones entre líneas son equivalentes en los tres archivos y por tanto, podemos hacer el análisis usando indistintamente los datos de cualquier Archivo.

En la Tabla 4.9 se muestran las EW de todas las líneas En la columna 1 está la identificación de cada galaxia y de las columnas 2 a la 8, se dan los valores de la anchura equivalente de  $H\beta$ ,  $[OIII]$ ,  $[OI]$ ,  $H\alpha$ ,  $[NII]$ ,  $[SII](6717 \text{ \AA})$  y  $[SII](6731 \text{ \AA})$  respectivamente.

### Medida de los flujos

Para usar correctamente los diagramas de diagnóstico necesitamos la medida de los flujos de las líneas. Estos diagramas se pueden usar con los cocientes de las anchuras equivalentes de líneas cercanas, pero como los espectros de Z-Machine no están corregidos de la respuesta instrumental, el continuo de dos líneas cercanas puede no ser el mismo (por ejemplo entre  $[SII](\lambda\lambda 6717\text{\AA}, 6731\text{\AA})$  y  $H\alpha$  o entre  $H\beta$  y  $[OIII]$ ). Por ello puede ser que la relación entre las anchuras equivalentes de las líneas sea ligeramente diferente a las relaciones de flujo. Por este motivo hemos calculado el flujo de cada línea. No importa que en algunos casos como

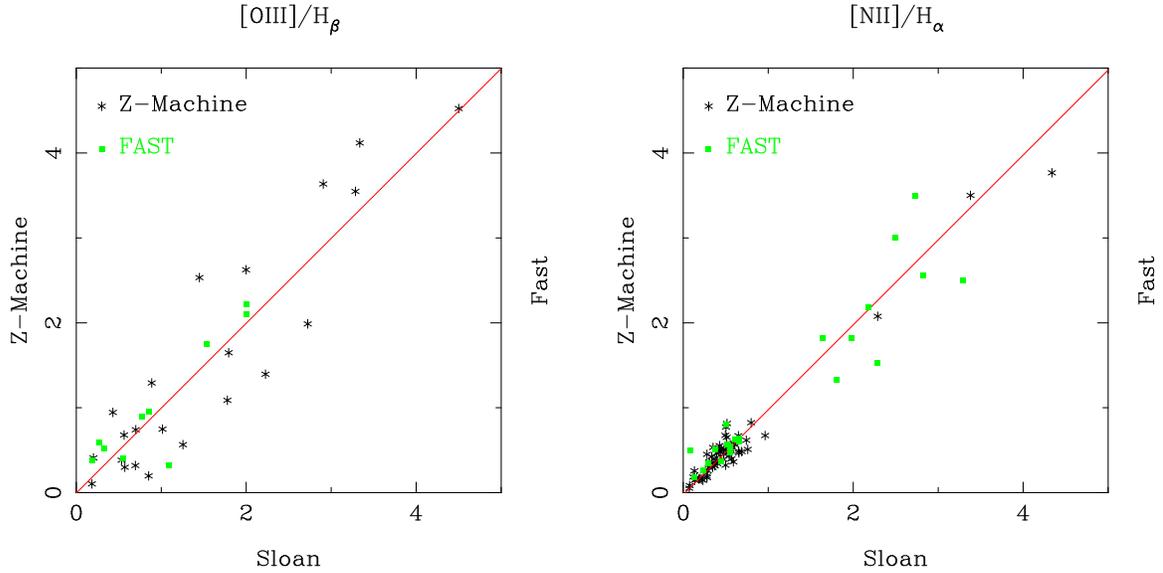


Figura 4.8: Relación entre líneas para espectros comunes de los tres archivos. A la izquierda (a) muestra  $EW([OIII]) / EW(H\beta)$  y a la derecha (b)  $EW([NII]) / EW(H\alpha)$ . Los cuadrados corresponden a galaxias con espectros en común entre SDSS-DR4 y FAST y las estrellas corresponden a galaxias con espectros en SDSS-DR4 y Z-Machine. La línea continua corresponde al ajuste con pendiente uno y ordenada en el origen cero.

Z-Machine o FAST no tenga unidades absolutas porque lo que nos interesa es el cociente de flujos.

En el caso de los espectros de SDSS-DR4, las líneas cuyos valores han sido tomados del archivo, es decir, aquellas en las que no se detectaba ningún tipo de absorción, el flujo se ha calculado a través de la relación:

$$\text{Flujo}_{\text{Total}} = \sigma \times h \times \sqrt{2\pi}$$

donde la  $\sigma$  y la  $h$  se refieren a los parámetros de ajuste de la gaussiana a cada línea.

Para el resto de líneas, ya sean no detectadas o que habiendo sido detectadas presentan absorción, el flujo se ha vuelto a medir usando SPLOT de IRAF. En el caso de las líneas que muestran algún tipo de absorción, la base del continuo se tomó en la base de la absorción aunque estuviese por debajo del continuo. Para medir  $H\alpha$  y  $[NII]$  usamos el programa *deblend* de SPLOT e imponemos que la FWHM de las tres emisiones sea igual a la de las líneas de  $[SII]$  o a la de  $[OIII]$  en caso de que no se detecten las de azufre.

En el caso de los espectros de FAST se han medido al igual que por las anchuras equivalentes, los flujos para todas las líneas.

Para Z-Machine, donde los espectros no están ni fotométricamente calibrados, ni corregidos de la respuesta instrumental, cálculo del flujo se ha realizado usando la EW y calculando el continuo local para cada línea. Para ello:

- primero se sustrajo a cada espectro el mismo espectro suavizado con un filtrado mediano de 128 píxeles de tamaño; de esta manera quitamos la respuesta instrumental.
- Con el espectro suavizado se calculó el continuo mediante el ajuste de un polinomio de Legendre en la región de [OIII]-H $\beta$  y de otro en la zona H $\alpha$ -[SII] y se obtuvo el valor del continuo local en cada longitud de onda.
- Una vez obtenido el continuo local, se ha calculado el flujo de las líneas como la anchura equivalente multiplicada por el continuo.
- Al igual que en los casos anteriores de FAST y SDSS, las líneas que tienen además absorción, o que están dentro de una absorción, se volvieron a medir tomando el continuo en la base de la absorción.

Los cocientes de flujos medidos correspondientes a las relaciones de [OIII]/H $\beta$ , [OI]/H $\alpha$ , [NII]/H $\alpha$  y [SII](6717 Å+ 6731 Å)/H $\alpha$  se dan en la Tabla 5.1 del siguiente capítulo.

Tabla 4.9: Datos de EW para la muestra completa de UZC-CG

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U1a	-	-	-	-	1.00	-	-
U1c	-	-	-	-	2.62	-	-
U2b	-	-	-	14.85	7.14	-	-
U2c	-	1.31	-	-	1.80	-	-
U3a	-	-	-	7.14	1.83	-	-
U4b	-	-	-	7.66	3.64	-	-
U4d	-	-	-	5.20	6.29	-	-
U5c	-	-	-	1.78	1.90	-	-
U5d	-	-	-	7.10	5.10	2.65	1.65
U5e	-	-	-	10.10	9.91	-	-
U5f	-	2.42	-	2.14	3.93	1.71	1.10
U5g	-	-	-	-	2.00	-	-
U7a	2.37	-	-	13.46	3.95	2.84	2.58
U7c	-	-	-	0.50	3.86	-	-
U7e	-	-	-	-	0.98	-	-
U8a	25.77	14.33	-	193.53	34.82	16.03	11.17
U8b	22.18	19.24	-	77.89	14.77	18.47	13.05
U8c	11.52	-	-	18.35	5.70	-	-
U9a	-	3.21	-	9.80	5.15	-	-
U9c	5.36	0.80	0.30	36.99	13.04	4.87	3.69
U12a	-	-	-	32.03	16.45	-	-
U12b	10.49	55.85	-	65.77	17.20	19.77	-
U12c	-	-	-	-	2.69	-	-
U13a	3.72	1.61	-	15.41	6.73	6.96	2.04
U13b	-	-	-	27.04	14.51	-	-
U14b	-	-	-	-	3.55	-	-
U15a	6.49	7.20	-	20.32	5.97	6.04	4.57
U15b	13.80	2.00	-	38.70	17.40	4.80	5.30
U16a	-	-	-	-	2.23	-	-
U16b	-	-	-	0.91	1.79	-	-
U18a	1.02	-	-	15.76	4.98	2.69	2.88
U19a	-	-	-	1.50	2.22	-	-
U19b	22.10	26.13	28.27	51.45	29.32	29.32	21.33
U19c	16.85	11.87	-	15.01	4.49	-	-
U20a	-	11.84	-	3.22	4.46	-	-

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U20b	7.45	-	-	50.29	15.91	12.12	7.25
U20c	14.46	5.34	-	48.62	13.72	12.90	8.97
U21a	-	-	-	6.80	3.25	-	-
U21c	-	1.69	-	10.61	3.95	-	-
U22a	2.10	3.50	-	8.90	7.80	3.32	1.50
U22b	-	5.95	-	13.28	2.57	-	-
U22c	2.60	0.90	-	9.70	4.60	1.65	1.57
U23a	0.90	1.24	-	1.39	2.19	-	-
U23b	-	-	-	14.02	11.89	-	-
U23c	7.79	10.81	-	19.46	7.99	-	-
U24a	0.54	0.59	0.10	5.08	2.83	1.34	1.01
U24b	-	0.18	-	0.77	1.27	0.35	0.35
U24c	-	-	-	-	3.45	-	-
U25b	-	-	-	5.36	2.10	-	-
U25c	-	-	-	-	2.49	-	-
U25d	-	-	-	4.93	-	-	-
U26a	-	-	-	6.73	3.13	-	-
U26b	0.81	0.42	0.04	5.36	3.00	0.67	0.58
U27a	-	-	-	19.75	10.20	-	-
U27b	-	-	-	11.96	1.85	-	-
U27c	2.42	1.89	-	22.31	9.00	-	-
U28a	-	-	-	-	3.50	-	-
U28b	11.19	17.93	-	46.56	8.12	18.33	15.27
U29b	-	-	-	5.80	4.15	-	-
U29c	2.49	1.54	-	12.68	6.62	3.22	3.13
U30a	-	-	-	13.48	4.26	1.87	2.28
U30c	-	1.46	-	11.74	7.89	3.38	3.97
U31a	9.85	2.20	-	55.30	32.40	5.90	6.90
U32b	-	-	-	-	1.93	-	-
U33a	-	-	-	-	2.10	-	-
U33c	0.74	1.88	-	3.47	2.75	1.20	-
U34a	-	-	-	0.41	1.08	-	-
U34b	20.48	-	-	31.90	9.39	-	-
U34c	2.05	-	-	19.60	7.12	-	-
U36a	-	-	-	-	3.67	-	-
U36b	-	1.95	-	1.29	3.19	1.82	1.65

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U37a	-	-	-	-	0.34	-	-
U37b	7.39	-	-	54.52	18.07	19.90	12.20
U37c	6.60	2.63	-	26.95	14.41	6.83	6.26
U37d	10.10	2.20	-	44.00	17.60	7.40	6.30
U38a	-	25.60	-	38.12	-	-	-
U38b	13.18	-	-	42.33	20.60	-	-
U38c	-	8.75	-	14.96	8.75	-	-
U39b	-	5.20	-	27.74	-	-	-
U39c	-	-	-	3.01	3.15	-	-
U41a	-	-	-	-	1.06	-	-
U41b	-	-	-	-	1.02	-	-
U41c	-	-	-	-	1.65	-	-
U44b	-	-	-	2.10	2.20	2.80	1.60
U46c	-	-	-	-	2.70	-	-
U47c	7.60	11.25	-	15.50	8.55	-	-
U50c	-	-	-	-	34.10	-	-
U50e	-	-	-	12.30	9.50	-	-
U51b	-	-	-	-	1.80	-	-
U51c	-	1.80	-	1.90	3.70	2.40	2.40
U52a	-	-	-	-	2.01	-	-
U52b	-	-	-	-	2.86	-	-
U60a	16.50	2.10	-	23.20	8.30	2.90	-
U61b	3.78	-	-	29.45	12.03	6.33	3.63
U61d	-	-	-	6.24	2.71	-	-
U63a	-	-	-	-	2.50	-	-
U63c	-	-	-	5.00	4.10	1.90	1.40
U67b	-	-	-	36.17	17.20	2.52	3.15
U67c	9.51	-	-	31.85	15.40	-	-
U70a	4.20	-	-	29.46	11.68	4.12	2.91
U70b	5.78	5.44	-	22.70	7.53	5.93	4.94
U70c	-	-	-	-	2.80	-	-
U72a	-	-	-	0.62	2.03	0.30	0.42
U72b	-	-	-	-	1.17	-	-
U72c	-	-	-	-	2.85	0.98	0.82
U73a	6.81	4.99	-	23.08	3.49	14.59	10.64
U73b	-	-	-	4.97	4.18	-	-

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U73c	1.37	-	-	5.65	4.73	-	-
U74a	10.62	1.32	0.74	76.85	32.81	7.21	6.85
U74b	1.02	1.14	-	6.34	5.39	1.96	1.21
U74c	5.41	1.33	0.83	34.49	13.66	5.10	3.86
U75a	-	-	-	-	3.00	-	-
U76a	-	-	-	1.36	2.57	1.10	0.81
U76b	11.90	6.70	-	57.00	16.10	9.30	6.50
U76c	40.08	69.78	-	130.63	15.88	26.94	23.92
U77a	-	-	-	-	1.24	0.10	0.24
U77d	1.88	0.70	0.46	9.18	7.34	2.13	1.93
U79a	2.43	-	-	8.54	2.79	2.20	-
U79b	-	4.53	-	18.67	1.72	10.32	2.52
U83a	-	0.33	-	0.74	2.94	0.38	0.25
U83b	-	0.31	-	0.69	2.40	0.29	0.30
U84b	0.53	0.40	-	1.26	1.36	0.42	0.53
U84c	0.94	1.89	0.75	3.54	5.68	2.24	1.97
U86a	-	1.80	-	-	2.89	-	-
U86b	7.80	3.20	-	41.70	14.30	7.30	6.30
U86c	6.38	8.86	-	27.64	7.62	6.53	5.10
U89a	-	-	-	1.88	2.99	-	-
U89b	-	0.92	0.30	4.51	2.39	1.13	1.10
U89c	1.30	0.15	-	3.74	1.84	0.32	0.47
U90a	-	0.32	-	0.60	1.36	0.33	0.27
U90b	-	-	-	-	1.11	-	-
U90c	0.07	0.22	-	0.37	1.47	0.02	0.09
U92d	12.54	2.10	-	37.47	12.15	-	-
U93a	0.30	1.78	0.19	5.70	1.32	2.63	1.79
U93b	19.12	3.31	-	74.10	41.41	10.27	7.88
U93c	14.06	8.81	-	58.87	19.98	4.75	3.00
U94a	17.72	79.75	1.20	79.35	5.66	7.38	5.38
U94b	0.61	3.46	0.08	3.37	3.63	0.94	0.88
U94c	3.64	2.76	0.40	10.89	1.89	2.98	2.23
U95a	-	0.77	-	0.60	1.68	0.24	0.41
U95c	-	-	-	-	1.24	-	-
U96a	-	-	-	10.11	4.12	-	-
U96b	11.67	15.06	-	61.62	10.63	-	-

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U96c	84.39	323.70	-	412.50	19.65	35.50	20.44
U96d	87.93	240.49	-	316.78	9.82	36.69	17.21
U97a	-	-	-	4.13	2.58	2.19	-
U97c	1.47	0.49	0.08	8.47	3.73	1.71	1.44
U98a	-	0.78	-	0.80	0.90	0.58	0.64
U98c	-	1.10	0.17	0.99	3.90	0.99	0.81
U99a	-	-	-	14.10	10.50	-	-
U100a	1.02	2.42	1.65	6.16	12.18	5.86	3.85
U100b	1.12	0.58	0.20	6.50	2.87	1.26	1.20
U100c	-	-	-	-	1.21	-	-
U100d	-	-	-	9.18	4.45	-	-
U101a	9.62	-	-	15.17	8.57	-	-
U101b	1.12	-	-	14.45	6.44	-	-
U101c	12.43	10.92	-	57.66	15.10	11.35	6.89
U102a	10.10	14.80	-	37.70	8.70	7.70	6.50
U102b	17.11	7.71	-	82.09	24.03	18.61	14.21
U103a	4.47	37.56	-	14.07	13.97	6.27	13.12
U103c	3.12	1.66	-	19.48	11.66	-	-
U104a	-	0.64	-	0.86	1.69	0.08	0.70
U104c	4.27	6.19	0.54	26.40	5.68	6.45	4.42
U105c	2.21	7.12	0.83	15.08	8.57	3.31	2.54
U106a	6.91	5.86	-	35.83	17.94	2.35	-
U107b	7.04	1.84	0.29	24.74	12.74	3.45	3.02
U107c	0.08	0.22	-	0.36	1.09	-	-
U109a	-	3.23	-	9.01	3.15	-	-
U109b	11.00	59.03	3.54	43.98	30.26	4.46	4.44
U110a	2.89	0.57	-	8.79	4.49	1.50	1.46
U110b	4.50	1.60	0.84	30.18	13.20	4.57	3.17
U110c	1.65	0.85	0.33	16.35	8.38	2.52	2.13
U111a	4.18	1.80	0.68	29.21	11.73	5.30	3.81
U111b	-	1.00	0.15	4.36	1.03	1.00	0.65
U112a	25.25	90.26	-	132.40	7.74	13.26	12.10
U112b	4.21	2.93	-	11.56	3.56	3.68	2.70
U112c	3.65	-	-	15.53	9.10	1.30	1.18
U115a	-	-	0.14	0.54	2.85	0.63	0.89
U115b	-	1.99	0.35	3.99	6.71	1.92	1.74

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U115c	-	1.39	1.23	3.71	5.32	3.14	2.55
U116b	0.81	0.82	-	1.94	2.32	-	-
U117a	0.55	6.52	0.44	4.72	4.55	1.03	1.10
U117c	5.03	9.58	0.79	23.00	6.38	2.69	2.82
U118a	-	-	-	-	1.29	-	-
U118b	-	-	-	0.26	1.44	-	-
U118c	2.88	2.17	-	14.33	8.34	2.05	1.60
U119a	8.97	22.27	0.89	31.12	2.32	4.60	3.39
U119b	2.56	3.56	-	13.42	7.57	1.11	2.17
U119c	24.04	2.30	1.91	143.76	8.67	14.54	10.47
U120b	-	-	-	11.17	7.30	-	-
U120c	3.87	10.23	-	24.26	19.22	-	-
U121a	-	-	-	9.54	4.99	10.27	6.39
U122a	20.63	12.83	-	32.59	9.34	3.37	2.72
U122b	6.10	8.39	-	47.26	12.23	5.91	4.46
U122c	27.66	54.94	-	141.42	28.18	15.06	13.84
U122d	6.07	16.82	-	27.59	3.41	4.08	3.36
U122e	-	-	-	15.50	10.09	3.45	4.94
U122f	-	-	-	14.94	9.50	2.98	-
U123a	3.74	7.60	-	26.86	7.91	4.13	2.01
U123b	6.06	5.66	-	51.03	15.36	8.29	6.71
U123c	6.15	5.19	-	31.70	5.77	7.37	5.06
U125a	7.90	17.78	-	46.38	7.14	9.22	5.64
U125b	-	3.36	-	11.93	-	2.63	1.22
U126a	-	0.64	-	0.35	1.59	0.27	0.50
U126b	-	0.31	0.06	0.44	2.61	0.52	0.77
U127a	0.38	6.71	0.10	2.66	3.89	1.22	1.08
U127d	0.38	1.03	0.37	2.24	4.68	1.24	1.10
U128a	-	0.56	0.13	1.00	3.08	0.82	0.70
U128b	3.06	18.91	0.67	17.31	12.85	3.24	3.29
U128c	6.24	1.26	0.85	46.59	23.81	6.07	5.96
U129a	-	-	-	4.43	1.44	1.84	1.32
U129b	15.59	13.85	1.11	84.91	22.20	13.28	9.31
U129c	6.02	9.55	-	32.15	8.56	-	-
U130a	-	-	-	0.04	2.03	0.37	0.34
U130b	8.77	3.26	-	42.21	13.78	4.52	-

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U130c	30.15	54.07	2.94	166.07	30.65	25.20	18.86
U131a	-	2.03	-	1.93	3.55	0.39	0.52
U131c	3.80	2.50	-	13.80	8.60	1.10	23.80
U132a	-	3.19	-	-	7.71	-	-
U132b	-	2.60	-	1.80	3.50	-	-
U133a	-	-	-	-	5.1	-	-
U133c	-	-	-	-	1.13	-	-
U134a	2.81	3.86	-	9.11	2.45	3.37	2.29
U134b	4.49	4.55	-	36.82	15.40	9.46	3.96
U134c	25.48	40.76	-	73.64	4.87	8.76	5.85
U135b	-	-	-	2.02	2.04	-	-
U135c	8.16	-	-	14.36	4.18	1.68	-
U136c	0.92	0.64	0.21	6.95	2.75	1.89	1.45
U137a	-	-	-	-	4.10	-	-
U137b	-	0.29	-	0.48	1.61	0.43	0.33
U137c	1.60	0.80	0.44	15.82	6.63	2.29	1.72
U139b	1.01	2.17	0.84	7.35	5.58	3.62	2.89
U139c	22.33	60.82	2.45	126.33	20.13	13.76	10.88
U140a	0.71	-	-	5.41	2.58	0.88	0.77
U140b	0.73	0.29	-	9.51	4.07	0.65	0.60
U141a	3.02	19.35	-	37.91	2.77	8.12	-
U141b	3.18	0.67	0.11	11.15	6.18	1.35	1.19
U141c	1.18	1.13	0.08	6.65	2.59	1.28	1.01
U141d	-	-	-	13.30	3.01	-	-
U141e	2.17	0.52	0.24	12.01	5.98	1.79	1.27
U141f	-	-	-	-	1.77	0.23	0.21
U143a	-	3.45	-	5.67	3.50	-	-
U143b	-	-	-	-	2.37	-	-
U143c	-	-	-	4.59	1.74	-	-
U144a	-	1.04	0.48	1.98	4.53	1.54	1.51
U144c	-	-	-	9.88	8.14	-	-
U144d	-	-	-	-	1.52	0.30	0.65
U145a	-	0.46	-	3.64	2.23	0.62	0.37
U145b	-	-	-	0.28	1.32	0.10	0.35
U145c	-	-	-	4.41	1.77	-	-
U146a	1.29	0.38	0.21	9.97	3.70	0.97	0.97

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U146b	0.38	0.89	0.27	4.12	1.30	1.94	1.58
U146c	2.73	1.33	0.25	10.29	6.24	2.27	1.82
U147a	5.53	-	-	13.50	2.37	1.70	1.08
U147b	3.94	2.66	-	14.39	4.67	-	-
U147c	18.35	53.32	-	66.86	9.58	10.00	6.95
U147d	9.57	10.01	-	45.64	12.37	8.66	5.09
U149a	-	-	-	-	2.30	-	-
U150b	-	-	-	5.17	-	-	-
U150c	-	-	-	5.31	4.97	-	-
U151a	-	-	-	4.51	6.50	2.55	0.60
U151b	41.99	29.62	-	160.50	14.17	15.70	11.83
U151c	2.90	2.47	0.62	17.31	5.00	4.76	3.90
U153b	-	-	-	15.38	6.06	3.33	5.07
U153c	5.60	4.65	-	33.54	9.94	8.06	4.52
U154b	8.44	-	-	18.58	6.35	-	-
U154c	-	-	-	19.08	3.90	-	-
U155b	10.16	18.97	-	47.35	8.74	8.83	4.24
U155c	9.24	4.93	0.63	54.68	21.22	9.33	7.91
U155d	22.23	73.05	-	104.75	9.47	11.13	9.42
U156a	-	-	-	1.14	2.73	-	-
U156d	1.68	45.19	-	14.38	18.12	-	-
U156e	-	-	-	1.30	4.47	-	-
U156f	-	-	-	-	2.63	-	-
U157b	3.52	-	-	11.63	5.73	1.93	1.35
U157c	-	-	-	0.82	1.12	-	-
U157d	-	-	-	-	1.76	-	-
U157e	-	-	-	-	2.56	-	-
U157f	3.76	4.33	0.39	15.13	4.09	4.20	2.98
U158a	0.81	-	-	9.31	4.92	-	-
U158b	8.57	15.24	1.11	47.59	9.42	8.40	6.18
U158c	10.63	14.63	1.09	40.53	17.57	7.99	7.62
U158a	6.69	4.90	-	30.50	13.70	5.40	4.30
U159c	-	-	-	3.78	3.28	2.12	1.12
U159d	4.41	7.94	0.37	16.12	1.90	3.24	2.47
U160a	2.69	0.48	0.27	14.38	5.62	2.94	2.11
U160c	-	-	-	2.22	1.30	-	-

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U161c	-	-	-	-	2.65	-	-
U162a	1.08	1.43	-	2.83	4.31	-	-
U162c	-	1.00	-	4.64	4.91	0.86	0.73
U163a	-	-	-	5.80	1.60	-	-
U163c	-	-	-	4.90	2.70	-	-
U164b	-	-	-	4.53	2.97	1.17	1.27
U165c	-	-	-	46.40	14.02	6.62	10.15
U166b	14.99	-	-	45.34	16.35	6.47	5.10
U166c	-	-	-	-	1.49	-	-
U167a	-	0.77	0.08	0.86	2.00	0.67	0.41
U167b	-	0.68	-	1.18	2.54	0.72	0.73
U167c	2.23	3.00	-	29.16	17.83	3.33	1.98
U169a	-	-	-	-	1.99	-	-
U169b	-	0.32	-	0.35	2.05	0.26	0.33
U169c	8.10	1.64	0.49	52.29	26.29	6.43	6.62
U169d	1.69	1.16	0.06	7.56	3.69	1.43	1.05
U171a	4.84	3.09	0.60	15.71	4.39	6.04	3.95
U171c	-	-	-	0.35	2.29	0.12	0.31
U171d	6.01	-	-	18.39	11.60	9.35	-
U174a	-	2.27	-	4.53	4.11	2.82	1.75
U174b	9.25	4.95	-	22.24	9.84	3.87	-
U174c	-	-	-	6.00	7.70	1.90	2.20
U179a	-	-	-	1.80	3.50	-	-
U179b	4.20	2.70	-	9.50	5.50	-	-
U179c	-	3.35	-	0.91	3.39	0.41	0.61
U180a	4.40	-	-	15.20	9.00	3.30	-
U183a	5.00	4.80	-	15.40	7.40	3.40	2.50
U183b	4.20	1.90	-	19.70	11.60	3.50	-
U183c	9.96	13.26	1.72	48.48	11.99	10.61	7.43
U184a	2.88	1.17	0.30	8.56	3.28	2.19	1.60
U184c	-	-	-	9.81	6.03	-	-
U185a	12.56	15.97	-	50.56	12.25	9.47	16.25
U185c	3.57	-	-	21.08	8.05	-	-
U185d	-	-	-	0.41	1.65	0.29	0.12
U188a	0.64	-	-	7.40	3.42	0.76	0.74
U188b	-	-	-	-	0.75	-	-

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U189b	35.19	69.86	-	124.11	13.59	-	-
U189c	18.03	52.23	2.01	89.75	4.40	11.20	8.90
U190a	28.10	45.60	-	100.60	10.80	15.70	11.90
U190b	13.30	10.70	-	28.90	5.50	6.40	3.70
U190c	21.60	32.10	-	78.60	13.90	14.50	10.90
U191a	-	-	-	-	1.49	-	-
U191c	6.12	8.16	-	37.38	6.23	11.88	8.24
U192a	5.26	2.61	0.68	27.23	9.24	6.12	4.39
U192b	0.81	2.61	0.51	4.18	2.74	0.98	0.85
U192c	1.84	0.99	0.34	6.57	1.71	2.32	1.53
U192d	4.92	2.86	0.44	22.38	8.00	4.78	3.56
U192e	-	-	-	-	1.12	-	-
U193c	0.76	2.21	1.43	4.87	10.61	0.58	3.35
U194a	-	-	-	-	2.41	-	-
U194b	0.90	5.60	-	2.90	5.50	2.30	2.20
U194c	-	-	-	2.30	3.20	-	-
U194f	19.80	7.20	-	59.30	18.40	8.50	5.80
U1971	-	-	-	-	2.88	-	-
U198a	-	-	-	0.69	1.58	0.34	0.38
U199a	10.00	4.12	1.41	32.13	19.34	5.88	4.78
U199b	30.35	60.66	3.18	166.74	21.91	21.85	16.93
U200a	1.95	0.58	0.34	9.13	3.96	1.22	1.03
U200b	7.57	81.00	3.40	29.80	23.54	7.00	7.61
U200c	0.96	-	-	10.62	7.12	1.68	1.45
U201a	1.28	0.45	-	3.57	2.05	1.53	0.38
U201b	0.58	-	-	2.48	3.06	0.24	0.26
U201c	1.86	-	-	9.06	4.80	1.08	0.88
U203a	-	0.86	-	-	3.28	-	-
U203b	-	-	-	0.70	1.00	-	-
U204a	4.90	2.00	-	25.30	11.70	5.20	4.70
U204b	-	-	-	-	0.71	-	-
U204c	-	-	-	3.60	2.80	2.70	1.80
U205a	-	-	-	-	4.35	-	-
U205b	-	-	-	3.17	2.26	-	-
U205d	-	5.70	-	7.80	5.96	-	-
U206a	11.71	-	-	24.72	9.31	-	-

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U206b	-	-	-	22.40	6.73	7.47	5.79
U207a	-	-	-	1.45	2.56	-	-
U207c	6.36	2.12	-	33.57	17.89	-	-
U207d	0.30	1.27	0.12	1.21	2.71	0.64	0.52
U208a	3.00	4.50	-	13.60	7.50	4.70	3.80
U209a	-	-	-	21.48	11.85	-	-
U209c	-	-	-	-	1.14	-	-
U211a	3.37	0.83	0.38	22.66	8.48	2.63	2.14
U211b	-	-	-	-	1.57	0.29	0.31
U211c	-	1.33	1.01	2.17	4.94	2.08	1.73
U212b	-	-	-	-	1.03	-	-
U212d	-	-	-	-	1.03	-	-
U213d	-	-	-	86.32	7.16	-	-
U214a	2.00	0.45	0.22	8.95	3.71	1.69	1.19
U214b	-	-	-	-	2.45	-	-
U214c	3.64	3.69	0.40	16.26	5.33	4.73	3.71
U214f	-	-	-	5.24	2.59	-	-
U215a	2.55	1.29	0.27	15.59	5.24	3.85	2.53
U215b	1.57	0.43	-	9.13	4.57	1.28	1.08
U216b	-	-	-	0.26	0.72	-	-
U216c	0.19	-	-	0.41	2.49	0.20	0.50
U218a	2.17	1.63	-	10.96	4.83	-	-
U219a	5.41	33.44	-	6.90	4.20	6.98	-
U219b	-	-	-	6.29	3.82	-	-
U219c	-	2.03	-	-	2.54	-	-
U220a	-	-	-	2.90	1.92	-	-
U220b	-	-	-	11.54	3.83	11.08	-
U220c	-	-	-	3.10	1.64	-	-
U221a	8.42	1.33	-	23.24	9.28	-	-
U221b	-	-	-	11.80	2.81	3.59	1.38
U221d	-	-	-	2.19	1.71	0.07	0.18
U222a	14.00	20.32	-	37.60	4.40	7.30	6.39
U222b	8.02	4.98	-	58.82	20.76	14.93	11.11
U222c	23.10	41.70	-	63.20	4.70	10.80	9.50
U223a	0.81	0.38	-	5.15	2.39	0.95	1.00
U224a	6.77	5.12	0.97	26.58	6.33	7.53	5.61

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U224c	10.69	9.11	0.65	59.08	16.47	10.95	7.61
U224d	1.56	0.89	0.19	13.24	4.58	3.60	2.64
U225a	-	-	-	2.39	1.90	-	-
U225c	-	-	-	0.22	0.96	-	-
U226b	2.76	0.81	-	15.94	5.55	2.96	2.10
U226c	-	-	-	-	2.10	-	-
U227a	1.01	0.72	-	6.34	1.71	1.85	1.32
U227b	-	0.96	0.23	1.45	1.77	1.05	0.87
U227c	5.24	2.70	0.45	22.37	13.74	4.25	3.58
U230a	-	-	-	-	0.64	0.12	0.22
U230c	1.76	0.80	-	14.73	6.45	1.89	1.48
U230d	1.73	0.51	-	7.53	2.83	2.70	1.85
U230e	0.22	0.59	0.10	2.67	2.69	0.88	0.84
U231a	0.95	-	-	9.76	3.42	0.50	0.68
U232a	-	-	-	-	0.76	-	-
U232c	6.97	2.28	0.64	31.03	24.63	4.59	3.47
U233a	1.67	1.48	0.40	6.32	2.01	1.55	1.13
U233c	-	0.23	-	1.65	1.56	0.44	0.31
U234a	16.91	-	-	21.27	9.61	5.93	-
U234b	3.00	3.69	2.79	8.44	5.59	4.20	0.94
U234c	2.13	3.03	-	8.59	11.57	5.90	2.60
U235a	-	-	-	14.39	5.38	4.45	2.14
U235b	3.53	2.20	-	20.36	7.00	-	-
U235c	-	-	-	18.23	6.09	5.92	-
U236a	11.44	17.52	2.85	70.26	16.50	14.88	10.66
U236b	18.27	35.85	2.10	114.64	19.73	17.38	13.52
U236c	-	1.69	-	1.34	3.52	1.18	0.91
U237a	5.88	3.27	-	19.75	6.97	6.16	2.41
U237b	18.76	11.21	-	54.92	14.79	12.14	12.74
U240a	-	-	-	1.30	1.70	-	-
U240b	-	-	-	1.94	0.65	-	-
U240d	-	-	-	3.29	0.68	0.50	-
U242a	7.42	3.50	0.38	40.08	14.43	6.01	4.54
U242b	4.81	5.37	0.93	27.56	6.42	7.01	5.03
U242c	-	-	-	17.13	7.16	8.18	5.22
U244b	-	-	-	3.70	3.90	-	-

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U244c	-	-	-	6.20	5.20	-	-
U244d	13.50	8.20	-	41.60	24.70	10.60	6.40
U245a	-	0.47	-	0.26	1.93	0.45	0.67
U245c	-	-	-	0.30	0.70	-	-
U247a	4.72	8.19	-	28.66	13.49	-	-
U247c	5.70	1.50	-	13.80	9.60	3.10	3.80
U248b	1.23	0.86	-	5.25	3.35	0.68	0.80
U248c	2.42	11.95	-	11.25	6.08	1.68	1.60
U249a	-	-	-	-	0.98	-	-
U249c	-	-	-	-	0.85	0.03	0.13
U250a	7.39	1.60	1.08	43.80	15.22	6.58	5.25
U250c	-	-	-	18.12	15.56	3.35	-
U251a	3.45	0.76	0.23	14.04	9.11	2.16	1.97
U252a	5.40	4.30	-	5.80	6.00	7.00	5.40
U252c	8.90	3.30	-	25.40	19.60	7.30	6.50
U254a	11.80	12.70	-	21.60	9.20	5.48	5.98
U254c	5.40	2.10	-	19.10	13.60	4.50	3.80
U255a	-	-	-	5.82	5.55	-	-
U256a	13.20	8.70	-	62.70	26.90	14.10	11.70
U256b	2.90	9.00	-	7.20	5.30	3.40	2.40
U262a	-	-	-	38.67	5.76	-	-
U262b	4.70	2.70	-	17.50	9.10	3.00	2.80
U263a	-	-	-	19.94	10.31	-	-
U263b	-	-	-	2.52	3.73	-	-
U263c	-	-	-	5.40	3.71	-	-
U264a	-	-	-	-	2.43	-	-
U264b	-	-	-	-	2.98	-	-
U264c	3.08	4.61	-	31.66	14.15	3.69	-
U267a	1.76	6.19	-	16.59	7.37	4.90	-
U270a	-	5.29	-	21.37	4.23	6.41	6.20
U270b	7.90	3.60	-	20.10	14.60	4.70	4.50
U270c	2.59	-	-	13.47	7.93	3.16	1.68
U271a	1.70	-	-	8.50	6.76	-	-
U271b	25.79	13.39	-	84.35	37.92	9.54	2.27
U272b	-	3.14	-	2.30	1.33	1.77	1.44
U272c	-	0.96	0.12	1.35	3.02	1.33	1.40

Tabla 4.9: continuación

Id.	H $\beta$	[OIII]	[OI]	H $\alpha$	[NII]	[SII]	[SII]
U272d	-	0.34	-	-	1.31	0.15	0.35
U272f	-	10.31	-	1.32	2.59	-	-
U273a	-	-	-	8.50	-	-	-
U273c	-	-	-	4.97	4.84	1.46	2.84
U281f	-	-	-	1.50	2.30	-	-
U282a	8.10	2.00	-	34.70	11.10	3.00	3.30
U282b	-	2.84	-	2.36	6.70	-	-
U282c	-	-	-	-	2.54	-	-
U282d	-	-	-	1.00	2.70	-	-
U284a	-	-	-	0.30	1.70	-	-
U284b	-	-	-	1.04	2.14	-	-
U284c	3.10	1.90	-	3.66	2.03	1.39	1.60
U286a	2.50	5.80	-	40.20	8.10	4.93	-
U286b	1.52	1.75	-	15.35	7.53	8.12	1.69
U286c	7.56	4.14	-	22.91	3.75	4.64	5.62
U290a	4.53	1.55	-	20.22	9.76	3.35	2.35
U290b	13.16	13.50	-	67.62	25.08	15.39	11.97
U290c	5.79	0.87	-	19.73	7.28	-	-

## Capítulo 5

# RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LA MUESTRA DE HCGs

En los Capítulos anteriores y en lo que respecta el catálogo de HCG, hemos definido una muestra completa (en *redshift* y brillo superficial) y estadísticamente significativa de 65 grupos con 282 galaxias. De ellas, hemos obtenido información espectral a través, principalmente, de datos observados por nosotros usando cuatro telescopios diferentes y en algunos casos de datos existentes en la bibliografía (Capítulo 2). Después de reducir todos los datos, como se explica en el Capítulo 3, y realizar la sustracción de la componente estelar subyacente, se hizo una inspección exhaustiva de todos los espectros y se midieron todas las líneas presentes en las 168 galaxias que mostraban algún tipo de emisión (ver descripción en el Capítulo 4).

En este Capítulo mostramos los resultados obtenidos del análisis de la muestra centrando el estudio en la proporción y frecuencia de la actividad, tanto de formación estelar como de tipo AGN, que en general, como veremos, es de baja luminosidad (LLAGNs) en los HCGs. También se realiza la caracterización de las galaxias que alojan cada tipo de actividad, analizando asimismo posibles conexiones que pudieran existir entre las condiciones de entorno tales como densidad galáctica o estado de evolución dinámica del grupo y la actividad de las galaxias

### 5.1. Análisis espectral de las Galaxias

En la Tabla 5.1 se da para cada galaxia con líneas de emisión los cocientes de líneas calculados utilizando los valores medidos después de la sustracción del *template* en cada caso como se describe en el Apartado 4.3 y en las Tablas 4.2 a 4.8). Para cada galaxia damos en esta tabla, el  $\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$  en la columna 2, el  $\log([\text{OI}]/\text{H}\alpha)$  en la columna 3, el  $\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$  en la columna 4 y el  $\log([\text{SII}](6717+6731)/\text{H}\alpha)$  en la columna 5.

Hay galaxias que tienen datos de más de un observatorio, es ese caso, para decidir

de que espectro tomamos los cocientes de líneas, nos fijamos en las cualidades de cada espectro teniendo en cuenta la calidad de la calibración en flujo, la S/N, los errores en las medidas de las líneas de emisión, etc. En la columna 6 se da el código de referencia del espectro que finalmente se tomó para calcular los cocientes de líneas, bien el observatorio utilizado (CAHA, ORM, SPM, OSN) o en el caso de datos de la bibliografía, la referencia. Finalmente, la columna 7 contiene la clasificación espectral nuclear asignada, que vamos a explicar detalladamente a continuación.

Como ya demostró Stasińska et al. (2006), restringiendo las galaxias con emisiones a aquellas en las que sólo se detectan todas las líneas implicadas en los diagramas (Kauffmann et al. 2004; Kewley et al. 2006), no cambia la distribución de objetos sino que sólo hace que estén menos poblados, sobre todo la parte derecha del diagrama-[NII] que es donde se encuentran los AGNs, y en particular los LLAGNs. En este trabajo, por lo tanto, no haremos ninguna restricción de ese tipo, el único criterio impuesto para considerar una línea y medirla es que detecte por encima de 3 sigmas del ruido del continuo.

### 5.1.1.1. Clasificación nuclear de las galaxias miembro

La clasificación nuclear la hemos basado en las relaciones de líneas en emisión y en los diagramas de diagnóstico como explicamos en el Capítulo anterior.

De todas las galaxias de la muestra en la que se detectaron emisiones (168/269), en la mayoría (75 %, 126 galaxias) se pueden medir al menos las cuatro líneas principales ( $H\beta$ , [OIII],  $H\alpha$  y [NII]) y por lo tanto usar el diagrama-[NII]. En un 22 % (37 galaxias) la zona azul del espectro no tiene señal a ruido suficiente para medir  $H\beta$  y [OIII]. En estos hemos basado nuestra clasificación en el cociente de líneas [NII]/ $H\alpha$  y en el análisis individual de todas las otras características que aparecían en los espectros para dar una clasificación óptima. En el 3 % restante de los objetos se detecta una única línea y en todos los casos, menos en una galaxia, es la línea de  $H\alpha$ .

A continuación se hace una descripción detallada de la clasificación de las galaxias de la muestra.

#### Galaxias con al menos 4 líneas en emisión

Como se ha explicado en la Sección 4.2, basamos nuestra clasificación en el Diagrama-[NII], para ello necesitamos dos cocientes de líneas [NII]/ $H\alpha$  y [OIII]/ $H\beta$ . Estos dos cocientes están disponibles en 126 galaxias de la muestra. En la Figura 5.1 se puede ver la distribución de las 126 galaxias en este diagrama. En la figura de la derecha se muestra además de la localización de las galaxias, el error calculado de los cocientes. Estos errores provienen principalmente de la sustracción del *template* y se han calculado con los errores de las líneas

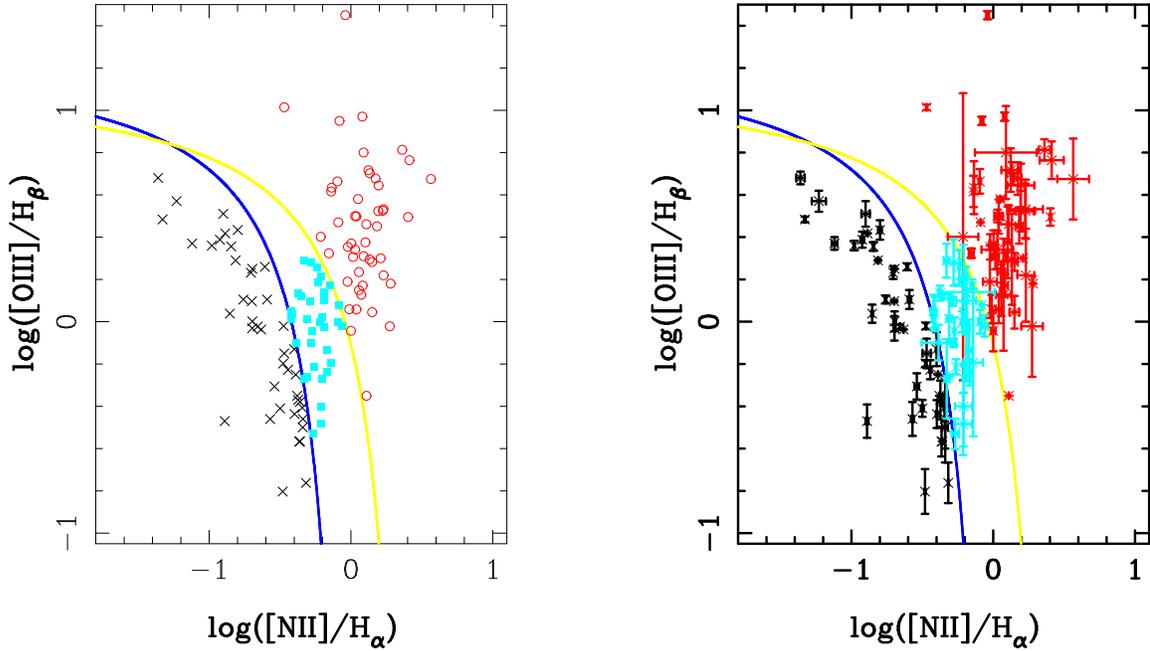


Figura 5.1: Diagrama-[NII] donde se muestran las 126 galaxias con medidas al menos para  $\text{H}\beta$ ,  $[\text{OIII}]$ ,  $\text{H}\alpha$  y  $[\text{NII}]$ . La línea azul corresponde a la secuencia de Ka03 y la amarilla a la de Ke01. Las espas negras corresponden a las galaxias clasificadas como SFN, los cuadrados azules corresponden a TOs y los círculos rojos a nuestra clasificación como AGNs puros. En la figura de la izquierda se muestra la zona de localización de las galaxias. En la figura de la derecha se presentan las mismas galaxias pero incluyendo las barras de error calculadas a partir de las Tablas 4.2 a 4.8.

en las Tablas 4.2 a 4.8. Salvo los puntos sobre la línea de Ka03 y algunos AGNs con grandes barras de error en la medida, el resto de los puntos mantienen su clasificación aún teniendo en cuenta la incertidumbre de la medida.

En 20 de las 126 galaxias de este diagrama, la línea de  $\text{H}\beta$  es difícil de medir incluso después de quitar la componente estelar, así que se ha calculado  $\text{H}\beta$  a partir de los valores de  $\text{H}\alpha$  y usando el cociente  $\text{H}\alpha/\text{H}\beta$ . Sabemos que este cociente, sin efectos de enrojecimiento, intrínsecamente es igual a 3.1 para AGNs y a 2.85 para SFN pero como no se ha corregido de ningún tipo de extinción (puesto que no es necesario para el análisis que estamos realizando) el cociente es esperable que sea mayor. Para tomar un valor más aproximado hemos usado el valor mediano de la relación  $\text{H}\alpha/\text{H}\beta$  para aquellas galaxias que tienen buenas medidas de  $\text{H}\beta$  siguiendo el siguiente procedimiento:

- tomamos todas las galaxias con buenas medidas en las cuatro líneas y que han sido clasificadas como AGNs puros según el diagrama-[NII]
- calculamos el cociente  $\text{H}\alpha/\text{H}\beta$  para estos objetos

- obtenemos un valor mediano de  $H\alpha/H\beta=6.40$ .
- hacemos lo mismo pero para los que están clasificados como SFN
- se obtiene un valor mediano de  $H\alpha/H\beta=4.65$

Estos dos cocientes los hemos para calcular,  $H\beta$  a partir de  $H\alpha$ . Puesto que esto se hace antes de la clasificación ¿cómo sabremos a que objetos aplicar el valor obtenido de los AGNs y a cuales el valor obtenido de los SFN? Para esto usamos el cociente  $[NII]/H\alpha$ ; si  $\log([NII]/H\alpha) < -0.35$  se le aplica el factor de SFN y si es mayor o igual se le aplica el factor de AGN.

Aunque basamos nuestra clasificación en el diagrama-[NII], se han usado también cuando era posible los otros dos diagramas para confirmarla o en casos dudosos para reclasificar algunos objetos de transición.

En 83 de las 126 galaxias se detectan y se pueden medir con buena S/N las líneas del [SII] ( $6717\text{\AA}$  y  $6731\text{\AA}$ ), de manera que podemos situar las galaxias en el diagrama-[SII]. En cuatro de estas galaxias se detecta sólo la primera línea de [SII], por lo que en todos estos casos, la segunda línea es más débil que la primera, lo que quiere decir que el cociente  $[SII]6717\text{\AA}/[SII]6731\text{\AA}$  es mayor que 1. Dado que como máximo este cociente puede ser 1.4-1.5 (según el diagrama de densidad electrónica de Osterbrock (1989)), hemos establecido que como máximo puede tener un valor de 0.7 veces la primera y es lo que se ha utilizado para situar estos objetos en el diagrama.

En la Figura 5.2 se presenta en el diagrama-[SII] las 83 galaxias con datos de [SII]. Al igual que en la figura anterior, en el diagrama de la derecha se muestran las barras de error de las medidas. En el caso de  $[SII]/H\alpha$  el error del cociente proviene del error de  $H\alpha$ .

De estos 83 objetos:

- las 32 galaxias que se clasifican como SFN según el diagrama-[NII], 30 se sitúan en la zona de formación estelar del diagrama-[SII] y solo dos en la zona de AGN. Concretamente corresponden a las galaxias H49d y H59d. En H49d, la medida de las líneas (Tablas 4.3 y 4.4) muestra que si tenemos en cuenta las barras de error de los cocientes involucrados en el diagrama-[SII], la galaxia podría encontrarse en la zona de formación estelar de dicho diagrama por lo que se ha adoptado esta clasificación. En H59d aún considerando las barras de error no se situaría en la zona de formación estelar del diagrama-[SII] pero dado que este diagrama es menos discriminatorio y que en esta galaxia hay medida de [OI] que la sitúa en la zona de SFN, confirma la clasificación del diagrama-[NII] de SFN.
- Otras 29 galaxias han sido clasificadas como AGN en el diagrama-[NII]. De ellas 23 están también en la zona de AGN en el diagrama-[SII] y 6 en la zona de formación estelar. De estas seis, tres galaxias (H3a, H13c y H80b) tienen medidas del [OI] y en el diagrama-[OI] están claramente en la zona de AGN. Otras dos, H30b y H47b, están muy cerca de la línea de separación de las dos regiones, si tenemos en cuenta las barras

de error, de todas formas, en este diagrama solo disponemos de la secuencia de Ke01 que nos indica que cualquier punto situado por encima alberga un AGN pero no quiere decir que los puntos situados por debajo no puedan albergar uno. La galaxia restante, H51e, tiene una barras de error muy pequeñas y no tiene información de [OI] pero su situación en el diagrama-[SII] se debe a la subestimación de la línea de [SII]6717Å que, dado el  $z$  del objeto, hace que se encuentre dentro de la absorción atmosférica y es casi imposible de medir. Si nos fijamos en la Tabla 4.1 vemos que el [SII]6717Å es casi un orden de magnitud menor que [SII]6731Å lo que daría una densidad electrónica imposible. Si consideramos que [SII]6717Å es del orden de [SII]6731Å entonces esta galaxia se situaría en la zona de AGN del diagrama-[SII] confirmando la clasificación obtenida en el diagrama-[NII] y que finalmente adoptamos.

- Las 22 galaxias restantes han sido clasificadas como TOs en el diagrama-[NII]. Cinco de estas galaxias, H13b, H30b, H47d, H59a y H82c, están por encima de la secuencia de Ke01 en el diagrama-[SII], esto implica que en estos objetos la componente AGN domina sobre la de SFN y clasificamos estos objetos como TO/AGN para distinguirlo del resto de TOs.

A su vez, de estas 126 galaxias que se pueden clasificar directamente usando el diagrama-[NII], en 56 tenemos medidas de [OI]6300Å ,lo que nos permite situarlos en el diagrama-[OI]. En la Figura 5.3 se muestra la localización estas galaxias en el diagrama-[OI]. Las barras de error del cociente [OI]/*Halpa* provienen del error de  $H\alpha$ .

- De estas 56 galaxias, 18 están clasificadas como SFN según el diagrama-[NII]. De ellas, 17 se sitúan también en la zona de formación estelar en el diagrama-[OI] y sólo una (H87c) en la zona de AGN. Los datos de esta galaxia han sido tomados de la bibliografía (Coziol et al. 1998) y no hay información de [SII]. Dado que no podemos analizar el espectro directamente, no sabemos la razón para que tenga un valor tan alto de [OI] por lo que mantenemos la clasificación dada según el diagrama-[NII].
- Otras 23 galaxias se clasifican como AGNs puros por el diagrama-[NII] y 22 de estas se sitúan también en esta zona en el diagrama-[OI]. Sólo H23d está por debajo de la línea de Ke01, pero dado que son datos de la bibliografía, no disponemos del espectro para revisarlo. Además, el [OI] puede estar afectado por muchos errores, así que mantenemos nuestra clasificación obtenida del diagrama-[NI].
- Los restantes 15 objetos son TOs según el diagrama-[NII]. Siete se sitúan por debajo de la secuencia de Ke01 y ocho (H57h, H59a, H62a, H86a, H86c, H87a, H90d y H97b) están por encima. Al igual que con el diagrama-[SII], esto indica que, en estos últimos, la componente AGN es más intensa que la de formación estelar y de nuevo estos objetos se clasifican como TO/AGNs. Uno de ellos H59a, ya había sido clasificado así según el diagrama-[SII].

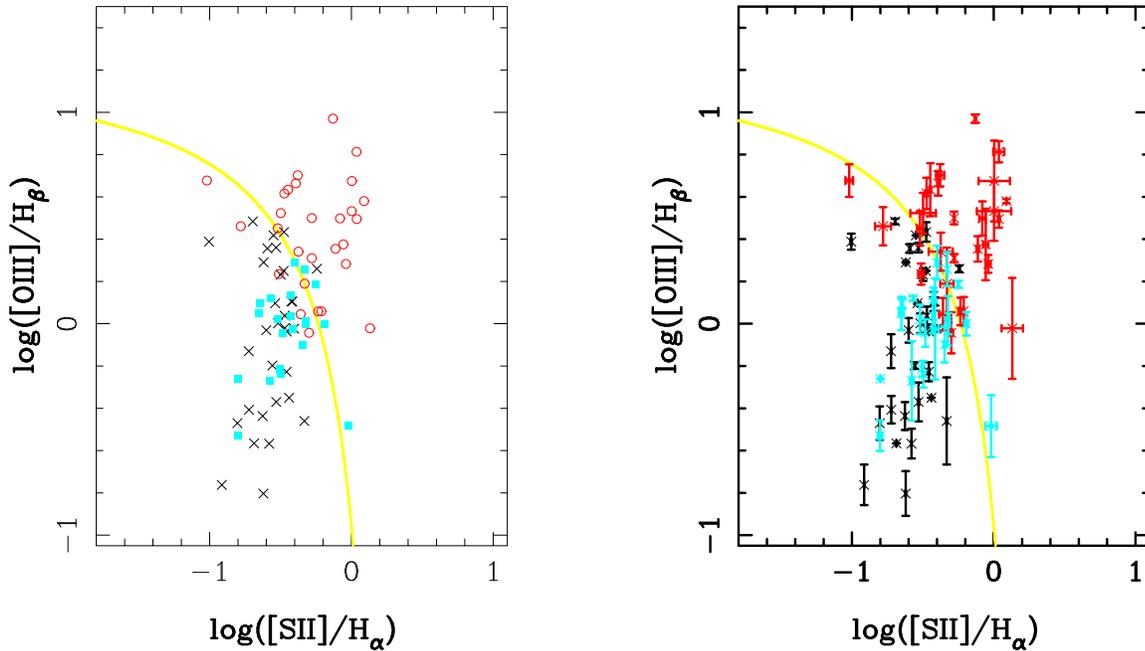


Figura 5.2: Diagrama-[SII] con las 83 galaxias que tienen también medidas de las líneas de [SII]. La secuencia de Ke01 para este diagrama se representa en amarillo. En el diagrama de la izquierda se muestran los puntos con la clasificación que les corresponde según el diagrama-[NII]. En la figura de la derecha se muestran los puntos con sus barras de error. Los símbolos representan lo mismo que en la Figura 5.1

Como mencionan Kewley et al. (2006) y Stasińska et al. (2006) el cociente de líneas  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$  es más sensible a la presencia de actividad nuclear de bajo nivel que los otros cocientes,  $[\text{SII}]/\text{H}\alpha$  o  $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ , gracias a la sensibilidad frente a los cambios de metalicidad del cociente  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$ . El  $\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$  es una función lineal de la metalicidad de la nebulosa hasta altas metalicidades en las que ya satura (Kewley & Dopita 2002). Este punto de saturación hace que la secuencia Ke01 sea casi vertical en  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha \approx -0.5$ . Cualquier contribución AGN desplaza  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$  hacia valores más altos de ese punto de saturación permitiendo descartar galaxias con AGN por pequeña que sea su contribución.

Nosotros hemos mostrado que la clasificación obtenida gracias al diagrama-[NII] concuerda con la que se obtendría en los otros dos diagramas. De todas formas, de todos los estudios anteriores, ante una diferencia de clasificación, siempre prevalecerá la obtenida del diagrama-[NII].

De las 39 galaxias que se pueden situar en los tres diagramas, 15 han sido clasificados como SFN de los que 13 están en los tres diagramas en la zona de SFN y sólo dos (H59d y H31d) estarían en la zona de SFN en dos de los tres diagramas. 13 han sido clasificados como AGNs puros de los que 9 estarían por encima de la secuencia de ke01 en los tres

diagramas y cuatro más en dos de los tres diagramas, de todas formas teniendo en cuenta los errores entrarían todos en la región de AGN. 6 son TOs y los 5 restantes son TOs/AGN de los dos estarían por encima de la curva de Ke01 en el azufre y cuatro por encima de la curva de Ke01 en el [OI], H59a estaría por encima de la curva de Ke01 tanto en [SII] como en [OI].

Finalmente, del total de las 126 galaxias con al menos cuatro líneas, 43 son SFNs, 23 TOs, 11 TO/AGNs y 49 AGNs puros.

### Galaxias clasificadas con el criterio [NII]/H $\alpha$

Aunque hay ocasiones en que después de la sustracción de los cuatro *templates* se puede detectar y medir fácilmente las líneas de H $\beta$  y de [OIII], otras veces, o bien no aparecen de forma clara o la medida está sujeta a errores mayores que ella, por lo que no disponemos del cociente [OIII]/H $\beta$  y no podemos representar estas galaxias en el diagrama-[NII]. Para clasificar este tipo de objetos, hemos usamos el cociente [NII]/H $\alpha$ .

Existen 37 galaxias en esta situación. Usando los criterios descritos en la Sección 4.2 y atendiendo al criterio de la relación de [NII]/H $\alpha$ , obtenemos:

- 7 son SFN, 14 TOs y 16 AGNs.

Mientras que los cocientes de las líneas tanto en los SFN como en los AGNs no plantean duda de su clasificación, en el caso de los TOs, dada su naturaleza, pueden ser en realidad SFN ó AGNs. Para su clasificación, dado que no podemos utilizar el cociente [OIII]/H $\beta$ , se ha estudiado en el diagrama-[NII] la franja ocupada por las galaxias clasificadas como TOs (esto es, entre la secuencia de Ka03 y la de Ke01). En ellos se verifica (Fig. 5.1) que la mayor parte de los TOs tienen:

$$-0.4 < \log([\text{NII}]/\text{H}\alpha) \leq -0.1$$

y este es el criterio que se ha seguido para la clasificación de las galaxias para las que no teníamos disponible el cociente [OIII]/H $\beta$ . Además en caso de esto TOs, se ha realizado una revisión de la clasificación atendiendo al resto de las líneas detectadas ([OI] y [SII]) así como a la forma del espectro, para hacer la clasificación final. En siete de estos TOs se detecta el doblete del azufre ionizado y su relación con H $\alpha$  es coherente con un TO. En dos objetos (H4b y H91b) hay información de [OI]. H4b tiene un  $\log([\text{OI}]/\text{H}\alpha) > -1$  esto indica sin lugar a dudas un AGN, y lo clasificamos como TO/AGN. H91b tiene un cociente  $\log([\text{OI}]/\text{H}\alpha) < -1$  compatible con TO así que no cambia su clasificación.

Resumiendo, de estas 37 galaxias, 7 son SFNs, 13 son TOs, 1 es TO/AGN y los 16 restantes son AGNs puros.

### Galaxias con sólo una línea en emisión

Por último en cinco galaxias de la muestra sólo se detecta una línea. En cuatro casos (H26f, H52b, H76f y H95d) es  $H\alpha$ . La línea de NII correspondiente es tan pequeña respecto a  $H\alpha$  que se confunde con el ruido y es imposible hacer el ajuste del triplete. Por tanto, claramente estas galaxias presentan únicamente formación estelar en su núcleo. En el caso de H68d sólo tiene detectada la línea de [NII]. El espectro de esta galaxias muestra una absorción importante en  $H\alpha$  y la sustracción del *template* aunque logra ajustar la componente de absorción, no permite medir la línea de emisión de  $H\alpha$  que se encuentra en el ruido. En estudios previos de actividad de bajo nivel da Costa et al. (1998) y ?? clasifica estas galaxias como un AGN de baja actividad en los que la componente estelar diluye la débil emisión proveniente del núcleo, por este motivo ha sido clasificada como AGN.

Una vez realizado el análisis y considerando los TO/SFNs como SFNs y los TO/AGNs como AGNs encontramos que de las 269 galaxias de la muestra completa con información espectral, el 62 %, esto es 168 galaxias, presentan líneas en emisión, y de acuerdo a la medida de las líneas, la distribución en tipos nucleares es la siguiente:

- 54 son SFN, el 32 % de las emisiones y el 20 % del total
- 36 son TOs, el 22 % de las emisiones y el 13 % del total
- 78 son AGNs puros, el 46 % de las emisiones que representa el 29 % del total

Teniendo en cuenta que los Objetos de Transición contienen un AGN puro cuyo espectro está diluido por formación estelar, los AGNs representan el 78 % de las emisiones y el 42 % del total de las galaxias de la muestra. Este porcentaje es superior al encontrado en los estudios anteriores de Grupos Compactos. Aunque Coziol et al. (2004) también encontraron un 62 % de emisiones, los AGNs (considerando lo que ellos llaman AGN+LLAGNs) comprenden un 45 % de las emisiones y un 28 % del total. En el caso de los grupos de los SCGs, el porcentaje de emisiones es mayor (73 %) y los AGNs (también AGNs+LLAGNs) representan un 56 % de las emisiones y un 41 % del total. Todos estos datos los compararemos también con los resultados de la muestra de UZC-CG y una muestra de galaxias de campo en el Capítulo 8.

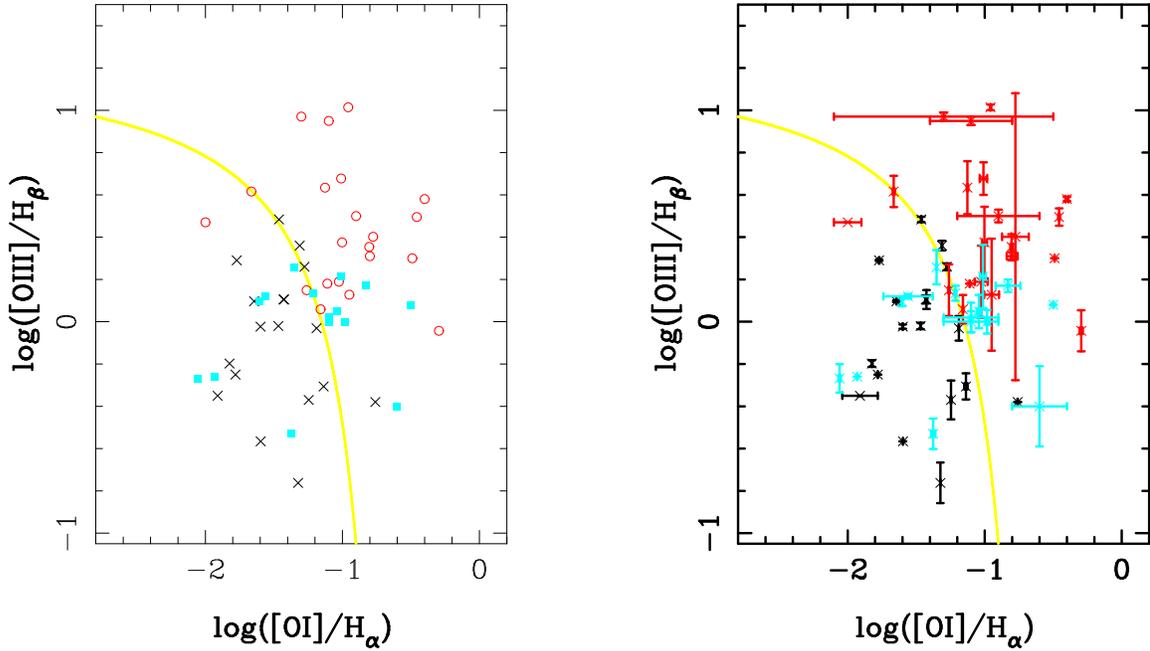


Figura 5.3: Diagrama-[OI] con las 56 galaxias en cuyo espectro se detecta [OI]. Como en las Figuras anteriores, la línea amarilla corresponde a la secuencia de Ke01 para este diagrama. En la figura de la izquierda se muestran la localización de las galaxias donde se ha podido medir [OI] en la figura de la derecha se muestran con las barras de error. Los símbolos representan su clasificación en el diagrama-[NII] (ver Figura 5.1).

Tabla 5.1: Relaciones de líneas y clasificación nuclear de las galaxias con emisión en la muestra HCG

Nombre	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\beta}$	Esp.	Cla
H01a	$-0.020 \pm 0.015$	$-1.468 \pm 0.001$	$-0.475 \pm 0.003$	$-0.470 \pm 0.001$	C	SFN
H01c	$0.498 \pm 0.081$	-	$0.039 \pm 0.030$	$-0.080 \pm 0.022$	C	AGN
H01d	$0.702 \pm 0.053$	-	$0.133 \pm 0.037$	$-0.378 \pm 0.029$	C	AGN
H03a	$0.677 \pm 0.077$	$-1.009 \pm 0.027$	$0.173 \pm 0.028$	$-1.019 \pm 0.027$	N	AGN
H03b	$-0.193 \pm 0.349$	-	$-0.141 \pm 0.069$	-	N	TO
H04a	-0.260	-1.930	-0.310	-0.800	B	TO
H04b	-	-0.911	-0.199	-	A	TO/AGN
H04d	-0.566	-1.597	-0.359	-0.687	A	SFN
H05a	$0.495 \pm 0.041$	$-0.457 \pm 0.006$	$0.403 \pm 0.007$	$0.037 \pm 0.006$	C	AGN
H05b	-	-	$0.410 \pm 0.136$	-	C	AGN
H05d	$0.014 \pm 0.117$	-	$-0.311 \pm 0.017$	$-0.324 \pm 0.013$	C	TO
H06b	-	-	$-0.191 \pm 0.045$	$-0.457 \pm 0.044$	N	TO
H06d	$-0.306 \pm 0.062$	$-1.137 \pm 0.012$	$-0.539 \pm 0.016$	-	N	SFN
H07a	$0.096 \pm 0.023$	$-1.605 \pm 0.003$	$-0.289 \pm 0.005$	$-0.647 \pm 0.003$	C	TO

Tabla 5.1: continuación

Nombre	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\beta}$	Esp.	Cla
H07c	-0.803±0.106	-	-0.481±0.004	-0.621±0.003	C	SFN
H07d	-0.227±0.045	-	-0.444±0.008	-0.458±0.005	C	SFN
H10a	0.283±0.042	-	0.150±0.021	-0.039±0.017	C	AGN
H10c	-0.407±0.065	-	-0.343±0.006	-0.723±0.003	C	SFN
H10d	-	-	-0.194±0.020	-0.657±0.012	C	TO
H13a	0.813±0.050	-	0.361±0.040	0.036±0.039	N	AGN
H13b	-0.484±0.146	-	-0.213±0.061	-0.018±0.041	N	TO/AGN
H13c	0.189±0.171	-1.026±0.047	-0.024±0.049	-0.330±0.047	N	AGN
H16a	0.310±0.020	-0.800±0.040	0.090	-0.280	B	AGN
H16b	0.580±0.010	-0.400±0.010	0.050	0.090	B	AGN
H16c	0.120±0.010	-1.560±0.180	-0.350	-0.570	B	TO
H16d	-0.350	-1.910±0.130	-0.380	-0.440	B	SFN
H21a	-	-	-5.000	-	B	SFN
H21b	-	-	9.990	-	B	AGN
H21c	-	-	9.990	-	B	AGN
H22a	0.500±0.030	-0.900±0.300	0.030±0.020	-0.280	B	AGN
H22c	-0.500±0.100	-	-0.340±0.020	-	B	SFN
H23a	0.300	-0.490	0.210	-	B	AGN
H23b	-0.025±0.239	-	-0.189±0.025	-0.413±0.025	O	TO
H23c	-0.250	-1.780	-0.390	-	B	SFN
H23d	0.470	-2.000±0.100	-0.090	-	B	AGN
H23N	-	-	0.049±0.178	-	O	AGN
H24b	-	-	-0.040±0.134	-	O	AGN
H26a	-	-1.294	-0.582	-0.481	N	SFN
H26b	0.402±0.679	-0.776±0.097	-0.213±0.108	-	N	AGN
H26e	0.105±0.019	-1.430±0.002	-0.759±0.005	-0.417±0.002	N	SFN
H26f	0.075±0.084	-	-	-	N	SFN
H26g	0.388±0.038	-	-0.924±0.013	-1.005±0.005	N	SFN
H28a	-	-	-0.100±0.133	-	N	AGN
H28b	0.523±0.096	-	0.193±0.093	-0.498±0.090	N	AGN
H30b	0.461±0.090	-	0.109±0.072	-0.781±0.056	C	AGN
H30c	0.258±0.081	-1.352±0.003	-0.240±0.004	-0.328±0.003	C	TO/AGN
H31a	0.097±0.004	-1.645	-0.699±0.001	-0.538	C	SFN
H31b	0.360±0.023	-1.312±0.001	-0.981±0.004	-0.531±0.001	C	SFN
H31c	0.290±0.003	-1.771±0.003	-0.813±0.005	-0.620±0.003	C	SFN
H31G	0.418	-	-0.887	-0.549	O	SFN
H31Q	-	-	-0.138	0.116	O	TO
H31AN	-0.099±0.084	-	-0.386±0.119	-0.347±0.008	O	TO
H33a	-	-	0.202±0.065	-	C	AGN
H33c	-	-	-0.335±0.003	-0.619±0.002	C	TO
H34a	-0.135±0.145	-	-0.171±0.019	-	C	TO

Tabla 5.1: continuación

Nombre	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\beta}$	Esp.	Cla
H34b	-0.567±0.070	-	-0.365±0.002	-0.580±0.001	C	SFN
H34c	-0.198±0.016	-1.824	-0.478	-0.557	C	SFN
H37a	0.220±0.220	-	0.230±0.060	-	B	AGN
H37b	0.100±0.160	-	-0.190±0.070	-	B	TO
H37c	0.324±0.023	-	-0.155±0.017	-	C	AGN
H37d	-0.460±0.080	-	-0.570±0.010	-	B	SFN
H37e	-	-	-0.222±0.013	-1.697±0.008	C	TO
H38a	-0.130±0.080	-	-0.400±0.004	-0.724±0.002	C	SFN
H38b	-0.762±0.096	-1.324±0.001	-0.317±0.002	-0.914±0.001	C	SFN
H38c	-0.239±0.063	-	-0.165±0.005	-0.496±0.003	C	TO
H40c	-	-	-0.221	-0.433	N	TO
H40d	-0.268±0.067	-2.059±0.009	-0.206±0.009	-1.997±0.009	N	TO
H40e	-	-	0.031±0.054	-	C	AGN
H42a	-	-1.000±0.500	0.250±0.010	-	B	AGN
H43a	-	-	-0.264±0.007	-0.709±0.004	C	TO
H43b	-0.460±0.206	-	-0.339±0.005	-0.332±0.003	C	SFN
H43d	-	-	-0.323±0.006	-0.674±0.003	C	TO
H44a	0.675±0.191	-	0.564±0.112	0.004±0.111	S	AGN
H44c	0.634±0.125	-1.126±0.005	-0.136±0.007	-0.447±0.005	S	AGN
H44d	0.037±0.082	-	-0.413±0.003	-0.430±0.002	C	TO
H46a	0.645±0.103	-	0.195±0.095	-	N	AGN
H46b	0.128±0.265	-0.950±0.054	0.072±0.054	-	N	AGN
H46c	0.800±0.220	-	0.089±0.218	-	N	AGN
H47a	0.045±0.077	-	0.150±0.035	-0.358±0.027	C	AGN
H47b	0.341±0.090	-	0.029±0.112	-0.374±0.085	C	AGN
H47c	-0.437±0.066	-	-0.398±0.006	-0.626±0.003	C	SFN
H47d	0.289±0.080	-	-0.330±0.018	-0.399±0.011	C	TO
H48b	0.616±0.074	-1.664±0.008	-0.139±0.008	-0.474±0.008	N	AGN
H49a	0.232±0.030	-	-0.706±0.006	-0.498±0.003	N	SFN
H49b	0.484±0.013	-1.463±0.001	-1.329±0.006	-0.696±0.001	N	SFN
H49c	0.356±0.021	-	-0.845±0.004	-0.592±0.002	N	SFN
H49d	0.434±0.046	-	-0.799±0.013	-0.476±0.006	N	SFN
H51b	0.717±0.103	-	0.123±0.065	-	S	AGN
H51c	-	-	-0.101±0.053	-0.437±0.032	C	TO
H51d	0.525±0.129	-	0.226±0.069	-	C	AGN
H51e	0.235±0.050	-	0.057±0.027	-0.512±0.020	C	AGN
H52b	-	-	-	-0.321±0.009	C	SFN
H52c	-0.470±0.079	-	-0.890±0.010	-0.804±0.002	C	SFN
H54a	0.510±0.060	-	-0.900±0.030	-	B	SFN
H54b	0.680±0.030	-	-1.360±0.030	-	B	SFN
H54c	0.370±0.030	-	-1.120±0.020	-	B	SFN

Tabla 5.1: continuación

Nombre	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\beta}$	Esp.	Cla
H54d	0.570±0.050	-	-1.230±0.050	-	B	SFN
H56a	0.010±0.040	-	-0.420±0.010	-	B	TO
H56b	1.450±0.020	-	-0.040±0.010	-	B	AGN
H56d	-0.100±0.020	-	-0.280±0.020	-	B	TO
H56e	-	-	-0.480±0.020	-	B	SFN
H57a	-	-	-0.077±0.055	-	O	AGN
H57b	-	-	0.311±0.059	-	C	AGN
H57d	0.135±0.035	-1.214±0.007	-0.375±0.010	-0.425±0.007	S	TO
H57e	0.451±0.082	-	0.183±0.025	-0.520±0.020	C	AGN
H57h	0.048±0.079	-1.042±0.016	-0.421±0.020	-0.651±0.016	O	TO/AGN
H59a	0.000±0.056	-0.982±0.013	-0.093±0.014	-0.193±0.013	O	TO/AGN
H59b	-	-	-0.356±0.051	-0.301±0.024	C	TO
H59c	-	-	-0.484	-0.472	O	SFN
H59d	0.260±0.016	-1.276±0.003	-0.607±0.006	-0.243±0.003	C	SFN
H61a	0.532±0.140	-	0.229±0.121	0.002±0.121	O	AGN
H61c	-	-	-0.145±0.035	-0.218±0.031	O	TO
H62a	0.000±0.050	-1.100±0.200	-0.220±0.010	-0.320	B	TO/AGN
H64a	-0.022±0.239	-	0.274±0.076	0.131±0.075	N	AGN
H64b	0.354±0.060	-0.804±0.009	-0.021±0.010	-0.112±0.009	N	AGN
H67b	-0.150±0.070	-	-0.470±0.030	-	B	SFN
H67c	-	-0.863±0.079	-0.622±0.101	-	N	SFN
H67d	0.764±0.089	-	0.412±0.085	-	N	AGN
H68b	0.140±0.017	-	-0.190±0.200	-	B	TO
H68c	-0.020±0.050	-	-0.060±0.020	-	B	TO
H68d	-	-	-	-	O	AGN
H69a	-	-	0.397±0.078	0.127±0.069	O	AGN
H69b	0.149±0.122	-1.261±0.005	0.057±0.006	-	S	AGN
H75b	-	-	-0.285±0.066	-	S	TO
H75c	0.306±0.058	-	0.015±0.025	-	C	AGN
H75d	-0.370±0.092	-1.246±0.004	-0.373±0.007	-0.530±0.004	C	SFN
H76b	-	-	-0.096±0.056	-	C	AGN
H76f	-	-	-	-	O	SFN
H79a	0.280±0.110	-	-0.280±0.050	-	B	TO
H79b	-0.270±0.188	-	-0.328±0.016	-0.578±0.013	N	TO
H79d	0.038±0.043	-	-0.854±0.006	-0.471±0.002	N	SFN
H80a	-	-	-0.448±0.009	-0.572±0.008	O	SFN
H80b	-0.043±0.097	-0.296±0.011	-0.000±0.016	-0.299±0.011	C	AGN
H80c	0.250	-	-0.696	-0.478	O	SFN
H80d	0.002±0.047	-	-0.696±0.009	-0.518±0.002	C	SFN
H82b	-0.530±0.072	-1.376±0.015	-0.268±0.025	-0.802±0.015	C	TO
H82c	0.186±0.016	-	-0.232±0.002	-0.249±0.002	C	TO/AGN

Tabla 5.1: continuación

Nombre	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\beta}$	Esp.	Cla
H85b	0.058±0.065	-	0.039±0.022	-0.234±0.015	C	AGN
H86a	-0.400±0.190	-0.600±0.200	-0.210±0.060	-	B	TO/AGN
H86b	0.950±0.020	-1.100±0.300	-0.080±0.010	-	B	AGN
H86c	0.170±0.030	-0.830±0.090	-0.150±0.010	-	B	TO/AGN
H87a	0.080	-0.500±0.001	-0.080	-	B	TO/AGN
H87b	-0.350	-	0.110	-	B	AGN
H87c	-0.380	-0.760	-0.360	-	B	SFN
H88a	0.295±0.215	-	0.132±0.039	-	S	AGN
H88b	0.180	-1.110	0.280	-	B	AGN
H88c	-0.410±0.040	-	-0.500±0.010	-	B	SFN
H88d	0.105±0.045	-1.425±0.006	-0.591±0.012	-0.424±0.006	S	SFN
H90a	0.970±0.020	-1.300±0.800	0.080±0.010	-0.130	B	AGN
H90d	0.020±0.070	-1.100±0.200	-0.200±0.010	-0.520	B	TO/AGN
H91a	1.014±0.013	-0.958	-0.470	-	A	AGN
H91b	-	-1.249	-0.194	-0.776	A	TO
H92c	-	-0.550	0.166	-0.012	B	AGN
H92N	-	-	0.104±0.131	-	O	AGN
H93a	0.375±0.169	-1.002±0.018	0.102±0.025	-0.057±0.018	C	AGN
H93b	0.664±0.058	-	-0.095±0.008	-0.392±0.006	C	AGN
H93c	0.370±0.062	-	0.002±0.029	-	C	AGN
H95c	0.059±0.067	-1.159±0.003	-0.011±0.004	-0.212±0.003	C	AGN
H95d	-	-	-	-	O	SFN
H96a	-	-	9.990	-	B	AGN
H96c	-0.213±0.036	-	-0.263±0.003	-0.506±0.003	C	TO
H96d	-	-	-5.000	-	B	SFN
H97b	0.214±0.150	-1.013±0.021	-0.210±0.029	-	S	TO/AGN
H99c	0.171±0.053	-	0.083±0.020	-	C	AGN
H100a	-0.044±0.065	-	-0.274±0.006	-0.483±0.003	C	TO
H100b	-0.031±0.058	-1.189±0.002	-0.697±0.005	-0.600±0.002	C	SFN
H100c	-0.023±0.010	-1.598±0.002	-0.658±0.003	-0.403±0.002	C	SFN
H100d	-0.037	-	-0.633	-0.456	O	SFN

NOTA: La fuente bibliográfica de las galaxias marcadas con un B está disponible en la Tabla 2.8

### 5.1.2. Comparación entre Observatorios

Como mencionamos en el Apartado 2.1.2, algunas galaxias se han observado en varios telescopios con el fin de controlar y poder comparar las diferentes configuraciones. En concreto tenemos 58 galaxias observadas en dos de los telescopios y 9 galaxias más que están observadas en tres telescopios, así que se puede hacer una buena comparación de la eficiencia de detección de líneas y de clasificación.

De las 58 galaxias observadas en dos telescopios, 54 (93%) tienen una clasificación similar. De ellas, 49(84.5%) tienen exactamente la misma clasificación. A continuación se muestran las diferencias encontradas para las otras nueve. La clasificación final adoptada se muestra en negrita.

H38b: Los cocientes de líneas obtenidos con el espectro de CAHA da una clasificación de SFN. Aún teniendo en cuenta la indeterminación de la medida de las líneas, este punto nunca pasaría a la zona de TO como sugiere la clasificación del espectro de SPM. Sin embargo, si tenemos en cuenta las barras de error de los datos de SPM que detallamos en la siguiente tabla, este punto si que podrá situarse en la zona de formación estelar. Además la apertura en SPM es mucho mayor (Tabla 2.6) lo que puede dificultar la clasificación aún después de la sustracción de los *templates*, de aquí que finalmente la clasificamos como SFN.

Observatorio	$\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$	$\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$	Cla	Apertura
CAHA	$-0.762 \pm 0.096$	$-0.317 \pm 0.002$	<b>SFN</b>	1.12kpc
SPM	$-0.398 \pm 0.173$	$-0.280 \pm 0.007$	TO	4.15kpc

H47c: En este caso es todavía más evidente que la diferencia de clasificación en los datos de SPM es debida al gran error que afecta al  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$ . Este objeto puede pasar perfectamente, teniendo en cuenta esos errores, a la zona de formación estelar que es dónde lo sitúa el espectro de CAHA, también además con menor apertura.

Observatorio	$\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$	$\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$	Cla	Apertura
CAHA	$-0.437 \pm 0.066$	$-0.398 \pm 0.006$	<b>SFN</b>	1.05kpc
SPM	$0.022 \pm 0.134$	$-0.423 \pm 0.010$	TO	4.2kpc

H47d: La clasificación de SPM está basada sólo en el cociente  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$ , ya que el espectro de SPM no tiene suficiente S/N en el azul, frente a la de CAHA que está basada en el diagrama- $[\text{NII}]$ . La diferencia en el cociente en común se debe a que en CAHA ya se ve  $\text{H}\alpha$  antes de la sustracción del *template* y tras la eliminación de la componente estelar aumenta ligeramente (Tablas 4.1 y 4.2). En SPM, sólo se aprecia  $[\text{NII}]$  y  $\text{H}\alpha$  está inmersa en la absorción, al quitar la componente estelar la línea de  $\text{H}\alpha$ , esta

está sujeta a mucho mayor error como se ve en la siguiente tabla. Puesto que además en CAHA la apertura es menor, consideramos esta galaxia como un TO.

Observatorio	$\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$	$\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$	Cla	Apertura
CAHA	$0.289 \pm 0.080$	$-0.330 \pm 0.0118$	<b>TO</b>	1.04kpc
SPM	-	$0.470 \pm 0.090$	AGN	3.02kpc

**H51b:** La clasificación de CAHA está basada en el cociente  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$ . Con nuestros criterios de clasificación se sitúa en el límite entre AGN y TO, de hecho, si consideramos los errores de la medida entraría perfectamente en la zona de AGN. Dado que en SPM se puede calcular el cociente  $[\text{OIII}]/\text{H}\beta$ , la galaxia se sitúa en la región de AGNs puros en el diagrama- $[\text{NII}]$  ya que aún teniendo en cuenta los errores, las medidas de SPM no permiten que la galaxia pase a TO en ninguna situación. La clasificación de TO en CAHA se debe a nuestro criterio conservador de  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$  a la hora de definir un objeto como AGN puro.

Observatorio	$\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$	$\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$	Cla	Apertura
CAHA	-	$-0.122 \pm 0.053$	TO	1.05kpc
SPM	$0.710 \pm 0.102$	$0.120 \pm 0.066$	<b>AGN</b>	3.61kpc

**H59b:** H59b se observó en el OSN en Mayo de 2005. En toda la semana sólo abrimos dos noches y no completas, la noche que se observó 59b, abrimos la rendija a 2.5 segundos de arco pero el *seeing* era variable y la noche no era fotométrica. Por eso esta galaxia se reobservó en CAHA en Marzo del año siguiente. Ahí con una extinción de 0.2 en 5500Å y una rendija de 2 segundos de arco obtuvimos un espectro donde si se ven las líneas. Las condiciones de observación en CAHA fueron mucho mejores y por eso se detectan emisiones en el espectro de CAHA y no en el del OSN.

Observatorio	$\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$	$\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$	Cla	Apertura
CAHA	-	$-0.356 \pm 0.051$	<b>TO</b>	1.08kpc
OSN	-	-	NoE	1kpc

**H69a:** En esta galaxia para obtener un espectro de SPM, con una señal a ruido suficientemente alta, hemos tenido que sumar 8.72kpc, es decir, mucho más de lo que es el núcleo. Además, H69a tiene su núcleo dividido por una nube de polvo por lo que se hace más difícil la extracción. Si sumamos 2kpc en SPM no veríamos emisiones por encima del ruido. En estos casos elegimos el espectros del OSN que corresponde a una apertura menor y que tiene calibración en flujo.

Observatorio	$\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$	$\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$	$\log([\text{SII}]/\text{H}\alpha)$	Cla	Apertura
SPM	-	$-0.299\pm 0.032$	$-0.825\pm 0.022$	TO	8.72kpc
OSN	-	$0.397\pm 0.078$	$0.127\pm 0.069$	<b>AGN</b>	1.66kpc

**H75b:** Este caso, debido al  $z$ , la línea de [NII] cae justo en el borde de la absorción atmosférica. En el caso del espectros de SPM, después de la sustracción de la componente estelar si que parece claro la presencia de la emisión. En el caso del OSN, es un poco más ruidoso.

Observatorio	$\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$	$\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$	Cla	Apertura
SPM	-	$-0.285\pm 0.066$	<b>TO</b>	3.32kpc
OSN	-	-	NoE	2.29kpc

**H80a:** El espectro de SPM tiene una apertura de 7.60kpc, lo que hace que se sume mucha población estelar y mucha absorción en  $\text{H}\alpha$  aumentando artificialmente el cociente [NII]/ $\text{H}\alpha$  hasta la zona de TO. Dado que ningún template se ajustaba a este perfil, la sustracción de  $\text{H}\alpha$  en absorción no es completa. Este efecto no se dió en el espectro del OSN con una apertura mucho menor (1.68kpc).

Observatorio	$\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$	$\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$	$\log([\text{SII}]/\text{H}\alpha)$	Cla	Apertura
SPM	-	$-0.104\pm 0.026$	$-0.435\pm 0.020$	TO	7.60kpc
OSN	-	$-0.448\pm 0.009$	$-0.572\pm 0.008$	<b>SFN</b>	1.68kpc

**H82b:** En base a la forma del espectro, los errores de las medidas y las aperturas utilizadas, no hay duda de su naturaleza como TO y el que en SPM se sitúe en la zona de SFN se debe a la inclusión de  $\text{H}\alpha$  proveniente de la zona circumnuclear. Este espectro no es de un SFN típico, de hecho, los valores de SPM lo sitúan justo encima de la secuencia de Ka03 por lo que podría ser clasificado también como un TO.

Observatorio	$\log([\text{OIII}]/\text{H}\beta)$	$\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha)$	$\log([\text{SII}]/\text{H}\alpha)$	Cla	Apertura
CAHA	$-0.530\pm 0.072$	$-0.268\pm 0.025$	$-0.802\pm 0.015$	<b>TO</b>	1.15kpc
SPM	$-0.285\pm 0.253$	$-0.335\pm 0.030$	-	SFN	4.25kpc

Respecto a las 9 galaxias observadas en tres telescopios, 8 de ellas (H51f, H57f, H72a, H75c, H80b, H80d, H99b y H99c) coincide su clasificación en todas las observaciones. Sólo H76b tiene una diferente clasificación: como AGN tanto en el ORM como en CAHA y como NoE en el OSN.

### 5.1.3. Comparación de la clasificación con la bibliografía

De la muestra completa de HCGs, hemos observado 199 galaxias, si a estas les sumamos las 9 galaxias de las que hemos obtenido los espectros de los archivos del 6dF y

la ESO, tenemos, en total, espectros para 208 galaxias. Revisando los trabajos anteriores existentes de datos espectroscópicos en galaxias del catálogo de HCG de Shimada et al. (2000) y Coziol et al. (1998, 2004), tenemos 59 galaxias en común. Para poder hacer una comparación entre las clasificaciones se han unificado los criterios. Shimada et al. (2000) usan el criterio de HFS97 y Coziol et al. (1998, 2004) el de Veilleux & Osterbrock (1987). Nosotros hemos recopilado los datos de las intensidades de las líneas y los cocientes de estos autores y hemos aplicado los criterios de clasificación usados en esta tesis. Shimada et al. (2000) sólo observa la parte roja del espectro por lo que sólo tiene valores para [OI],  $H\alpha$ , [NII] y [SII]. En el caso de Coziol et al. (1998) dan, si se detectan las líneas, los cocientes [OIII]/ $H\beta$ , [NII]/ $H\alpha$  y [OI]/ $H\alpha$  mientras que en Coziol et al. (2004) sólo calculan los dos primeros cocientes con sus respectivos errores.

Usando estos cocientes de líneas y los criterios de clasificación explicados en el Cap. 4.2 les asignamos una nueva clasificación a los objetos y ésta es la que comparamos con la obtenida de nuestras observaciones. En la Tabla 5.2 está la lista de los 59 objetos en común. En la columna 2 se muestra la clasificación que se le había dado a estas galaxias en las fuentes bibliográficas recogidas en la columna 3. La nueva clasificación con nuestros criterios y sus cocientes de líneas se refleja en la columna 4 y en la columna 5 la clasificación con las medidas de nuestros espectros; los observatorios donde se han tomado estos espectros viene en la columna 6.

Comparando las columnas 4 y 5 se encuentra que el 86 % de los casos la clasificación es exactamente la misma, en 4 galaxias (7 %) la diferencia viene de clasificar los núcleos como TO o AGN, en 2 (3 %) como NoE o AGN y solo 3 galaxias (4 %) tienen una clasificación realmente diferente de SFN y TO. A continuación detallamos las diferencias encontradas.

- H10c: si usamos nuestros criterios de clasificación con sus relaciones de líneas entonces lo clasificaríamos como un TO. Sin embargo el espectro de CAHA del que disponemos nos dice que se trata de un SFN. La diferencia es que nosotros disponemos de los dos cocientes necesarios para situar el punto en el diagrama-[NII] mientras que en ? sólo tienen datos del cociente [NII]/ $H\alpha$ , si situamos este punto en el diagrama-[NII] usando el cociente [OIII]/ $H\beta$  que sale de nuestro espectro entonces también estaría en la zona de formación estelar coincidiendo con la clasificación que le damos nosotros.
- H34a: esta galaxia ha sido clasificada como AGN según los cocientes de la bibliografía, pero el espectro de CAHA que tenemos de esta galaxias lo sitúa en la zona de transición. De nuevo nosotros disponemos de dos cocientes mientras en la bibliografía sólo disponen de uno ([NII]/ $H\alpha$ ). Si nosotros le aplicamos nuestro cociente [OIII]/ $H\beta$  a los datos de la bibliografía entonces este punto si que estaría situado en la zona de transición coincidiendo con la clasificación que sale de nuestros datos.
- H37c: con el valor del cociente de [NII]/ $H\alpha$  que da Coziol et al. (2004) y la ausencia de cualquier otro cociente, esta galaxia sería, con nuestros criterios, un TO. Según nuestro

espectro de CAHA, es un AGN pero en este caso incluso usando nuestro cociente  $[OIII]/H\beta$  sobre los datos de la bibliografía, el espectro de Coziol et al. (2004) seguirá siendo un TO. Esto puede ser debido a la gran diferencia en apertura usada, por un lado Coziol et al. (2004) suman 10 kpc mientras que nosotros sólo tomamos 1.08 kpc. Si existe alguna zona de formación estelar alrededor del núcleo, estaría influyendo en el espectro de Coziol et al. (2004) trasladando la galaxia de la zona AGN a la de TO.

- H38b: Según el espectro de CAHA donde se ven todas las líneas ( $H\beta$ ,  $[OIII]$ ,  $[OI]$ ,  $H\alpha$ ,  $[NII]$  y  $[SII]$ ) y por lo tanto podemos hacer una clasificación fiable, esta galaxia alberga un SFN. Si tomamos el cociente que da Shimada et al. (2000) entonces sería un TO, pero como estos autores sólo tienen la parte roja del espectro, si le aplicamos nuestro cociente  $[OIII]/H\beta$  a su valor de  $[NII]/H\alpha$  nos quedaría en la zona de SFN, confirmando nuestra clasificación.
- H44d: Nuestro espectro de CAHA donde se ven todas las líneas de emisión del espectro óptico nos dice que esta galaxia alberga un TO. Si tomamos el cociente que da Shimada et al. (2000) del cociente  $[NII]/H\alpha$  saldría un SFN. De la misma manera que hemos hecho en el objeto anterior, si le aplicamos nuestro cociente  $[OIII]/H\beta$  a su valor de  $[NII]/H\alpha$  nos quedaría en la zona de TO, confirmando nuestra clasificación.
- H47a: Tanto en el espectro de SPM como en el espectro de CAHA se ven las emisiones de esta galaxia que se clasifica como un AGN, sin embargo, Shimada et al. (2000) no encuentra ninguna emisión. Esta diferencia puede ser debida a que los autores de este trabajo no realizan ninguna sustracción de la componente estelar.
- H72a: nosotros no detectamos emisiones ni en el espectro de SPM ni en el OSN, Shimada et al. (2000) da valores tanto para  $[NII]$  como para  $H\alpha$  pero el flujo de las líneas no está por encima de  $3\sigma$ , criterio que hemos usado nosotros, por lo que la detección de la emisión no es fiable.
- H93b: según nuestro espectro CAHA, este objeto alberga un AGN puro. Si tomamos los cocientes de Shimada et al. (2000) y de Coziol et al. (2004) y nuestros criterios, su clasificación es de TO. En nuestro espectro, al contrario que los otros dos de la bibliografía, detectamos tanto  $H\beta$  como  $[OIII]$  que nos da un cociente  $\log([OIII]/H\beta)=0.664$ , si aplicamos este cociente a los datos de la bibliografía, también los clasificaríamos como AGN, coincidiendo con la clasificación de nuestro espectro en CAHA.

Del análisis podemos concluir que hay total coincidencia de los valores y por tanto de la clasificación obtenida en la bibliografía y en nuestros datos.

Con nuestros espectros y criterios de clasificación hemos analizado un grupo, H40, que tiene datos en varios trabajos (Coziol et al. 1998; Shimada et al. 2000; Coziol et al. 2004) con

clasificaciones completamente diferentes para la misma galaxia. Nosotros vamos a mostrar que todas coinciden no sólo entre ellas sino también con nuestros datos si usamos nuestros criterios de clasificación:

- H40a, la primera clasificación de Coziol et al. (1998) es de LLAGN pero ninguna de las posteriores clasificaciones encuentra emisión en esta galaxia, ni Coziol et al. (2004), ni Shimada et al. (2000), ni nosotros con nuestro espectro del OSN por lo que se puede concluir que es un NoE.
- H40b, En este caso tanto nuestro espectro de OSN como los tres trabajos mencionadas no encuentran ningún tipo de emisión.
- H40c: Coziol et al. (2004) y Shimada et al. (2000) la clasifican como SFN pero si tomamos sus cocientes y nuestros criterios es, en ambos casos un TO, lo que estaría de acuerdo con la clasificación obtenida de nuestro espectro del ORM.
- H40c: mientras que Coziol et al. (1998) la clasificaban como un AGN, Coziol et al. (2004) la clasificaban como un SFN. De nuevo los cocientes de ambos trabajos darían un TO con nuestro criterio de clasificación, lo que estaría de acuerdo con la clasificación obtenida con nuestro espectro del ORM.
- H40e: según Coziol et al. (1998) esta galaxia contiene un AGN (que se confirma usando nuestros criterios), pero en Coziol et al. (2004) está clasificada como un SFN y después de usar nuestros criterios pasaría a TO. En nuestro espectro de CAHA se detectaría un AGN lo que estaría de acuerdo con Coziol et al. (1998). La explicación para la clasificación de Coziol et al. (2004) es que se basa sólo en el cociente  $[NII]/H\alpha$ . Si consideramos que  $[OIII]/H\beta$  es el dado en Coziol et al. (1998), puesto que en nuestro espectro de CAHA no se detecta bien la zona de  $H\beta$ , entonces también con los datos de Coziol et al. (2004) esta galaxias sería un AGN.

Está claro que el problema en las distintas clasificaciones está, en muchos casos, unido a usar un criterio distinto en cada caso y además, muchos autores hasta hace poco no incluían la clase TO (en particular las tres referencias nombradas anteriormente). Podemos por tanto concluir que H40 contiene dos galaxias sin emisión, dos TOs y un AGN puro.

Tabla 5.2: Galaxias en común con la bibliografía

Galaxias	Bibliografía	Fuente	Cla <sub>Biblio.</sub>	Cla <sub>Espectros</sub>	Observatorio
H7a	HII	S00	TO	TO	CAHA
H10a	AGN,dSy2	S00,C04	AGN	AGN	CAHA
H10b	Noe	S00,C04	Noe	Noe	OSN
H10c	SFN?	C04	TO	SFN	CAHA
H10d	SFN?	C04	TO	TO	CAHA
H30a	Noe	S00,C04	Noe	Noe	CAHA
H30b	AGN,LLAGN?	S00,C04	AGN	AGN	CAHA
H31a	HII	S00,C04	SFN	SFN	CAHA
H31b	HII	S00	SFN	SFN	CAHA
H31c	HII	S00	SFN	SFN	CAHA
H34a	AGN?,LLAGN?	S00,C04	AGN	TO	CAHA
H34c	SFN	C04	SFN	SFN	CAHA
H37c	LLAGN?	C04	TO	AGN	CAHA
H38a	HII	S00	SFN	SFN	CAHA
H38b	HII	S00	TO	SFN	CAHA
H38c	HII	S00	TO	TO	CAHA
H40a	Noe,Noe,dNLR	S00,C04,C98	Noe	Noe	OSN
H40b	Noe	S00,C04,C98	Noe	Noe	OSN
H40c	HII,SFG	S00,C04	TO	TO	NOT
H40d	SFG, LNR	C04,C98	TO	TO	NOT
H40e	SFG?,Sy2	C04,C98	AGN	AGN	CAHA
H44a	AGN	S00	AGN	AGN	SPM
H44b	Noe	S00	Noe	Noe	SPM
H44c	AGN	S00	AGN	AGN	SPM
H44d	HII	S00	SFN	TO	CAHA
H47a	Noe	S00	Noe	AGN	SPM,CAHA
H48a	Noe	C98	Noe	Noe	NOT
H51a	Noe	S00	Noe	Noe	SPM,CAHA
H51b	AGN	S00	AGN	AGN	SPM,CAHA
H51f	Noe	S00	Noe	Noe	TODOS
H57a	AGN	S00	AGN	AGN	SPM,OSN
H61a	AGN	S00	AGN	AGN	SPM,OSN
H61c	AGN	S00	TO	TO	SPM,OSN
H61d	Noe	S00	Noe	Noe	SPM,OSN
H62b	Noe	C98,S00	Noe	Noe	OSN

Tabla 5.2: continuación

Galaxias	Bibliografía	Fuente	Clas <sub>Biblio.</sub>	Clas <sub>Espectros</sub>	Observatorio
H72a	AGN	S00	AGN	Noe	SPM,OSN
H79b	HII,SFG?	S00,C04	TO	TO	NOT
H79c	Noe	S00,C04	Noe	Noe	NOT
H79d	HII	S00,C04	SFN	SFN	NOT
H80a	AGN	S00	TO	TO	SPM,OSN
H82a	Noe	S00	Noe	Noe	SPM,CAHA
H82b	HII	S00	TO	TO	SPM,CAHA
H88a	AGN,dSy2	S00,C98	AGN	AGN	SPM
H88d	HII,SBNG	S00,C98	SFN	SFN	SPM
H92b	Noe	S00	Noe	Noe	SPM
H92d	Noe	S00	Noe	Noe	SPM
H92e	Noe	S00	NOe	Noe	SPM
H93a	AGN,dLINER	S00,C04	AGN	AGN	CAHA
H93b	AGN,SFG?	S00,C04	TO	AGN	CAHA
H93c	AGN,dLINER	S00,C04	AGN	AGN	CAHA
H93d	Noe	C04	Noe	Noe	CAHA
H94a	Noe	C04	Noe	Noe	OSN
H94b	Noe	C04	Noe	Noe	OSN
H94c	Noe	C04	Noe	Noe	OSN
H97b	Sy2	C98	TO	TO	SPM
H97c	Noe	C98	Noe	Noe	SPM
H97d	Noe	C98	Noe	Noe	NOT,OSN
H97e	Noe	C97	Noe	Noe	NOT
H98a	Noe	C04	Noe	Noe	OSN

NOTA:(S00):Shimada et al. (2000), (C04):Coziol et al. (2004), (3):Coziol et al. (1998), (4):de Carvalho et al. (1997)

## 5.2. Propiedades de la galaxia anfitriona

En general, en una galaxia se pueden definir varios parámetros que dan cuenta de su propiedades físicas, tales como la cantidad de gas, las diferentes componentes estructurales como disco y/o bulbo, las poblaciones estelares dominantes o la presencia de un agujero negro central. Entre los parámetros característicos que nos definen las galaxias están su morfología, la magnitud absoluta, la inclinación en la línea de visión en el caso de galaxias de disco, la luminosidad a diferentes frecuencias, no sólo en el visible, la distribución espectral de energía y por supuesto si tienen o no actividad nuclear. Estas propiedades no sólo se relacionan entre ellas sino que también pueden venir influenciadas por el entorno debido a la interacción gravitacional con otras galaxias. Por tanto, para poder ahondar en los posibles efectos que la interacción y la pertenencia a una agrupación tiene en la formación y evolución de las galaxias es necesario aislar los diferentes factores.

En este apartado analizamos las propiedades individuales de las galaxias miembro de los grupos y su posible relación con la aparición de fenómenos de actividad en su núcleo. Dividimos la muestra de galaxias en cuatro tipos:

- Noe, las que no presentan emisiones,
- SFN, las que presentan emisión nuclear correspondiente a formación estelar,
- AGN, las que contienen una fuente de ley de potencias y
- TO, los Objetos de Transición.

### Morfología

En este apartado estudiamos la morfología de las galaxias y si la actividad nuclear guarda alguna relación con el tipo morfológico. La clasificación morfológica de las galaxias se ha sacado de la base de datos de Hyperleda, que a su vez lo ha obtenido básicamente del RC3 pero con algunas revisiones. Estas morfologías están listadas en las columnas 2 y 3 de la Tabla 2.8 del Capítulo 2.

En la tabla 5.3 se muestra la distribución de las galaxias de la muestra en función del tipo de actividad nuclear y tipo morfológico. Este se ha dividido en 7 intervalos (columna 1) donde el tipo y los números asignados a cada uno de ellos corresponde a la nomenclatura de *de Vaucouleurs* (de Vaucouleurs et al. 1991, RC3). La columna 2 contiene el número (N) de galaxias por cada intervalo de morfología y la columna 3 (P) el porcentaje de galaxias con esa morfología respecto al número total de galaxias de la muestra. Estamos considerando las 269 galaxias de las que tenemos información espectral nuclear.

Como puede verse en esta tabla las galaxias elípticas, indicado por una E y que corresponde a los tipos comprendidos entre -6 y -3 de la escala morfológica de *de Vaucouleurs*, representan el 15.6 % de la muestra mientras que las lenticulares (S0;  $-3 \leq T \leq 0$ ) ascienden a un 39 %.

Tabla 5.3: Distribución de Morfología y Actividad

Tipo de Hubble	Tot		Abs		Emi		AGN			TO			SFN		
	N	P %	N	Pt %	N	Pt %	N	Pt %	Pe %	N	Pt %	Pe %	N	Pt %	Pe %
E [-6,-3)	41	15.2	26	63.4	15	36.6	12	29.3	80.0	2	4.8	13.3	1	2.4	6.7
SO [-3,0)	105	39.0	65	61.9	40	38.1	25	23.8	62.5	8	7.6	20.0	7	6.7	17.5
SOa-Sab [0,3)	45	16.7	7	15.6	38	84.4	24	53.3	63.2	11	24.4	28.9	3	6.7	7.9
Sb-Sbc [3,5)	39	14.5	3	7.7	36	92.3	11	28.2	30.6	8	20.5	22.2	17	43.6	47.2
Sc-Scd [5,8)	34	12.6	0	0.0	34	100	6	17.6	17.6	7	20.6	20.6	21	61.8	61.8
Sd-Sdm [8,9)	2	0.7	0	0.0	2	100	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	2	100	100
Sm-Im ( $\geq 9$ )	3	1.1	0	0.0	3	100	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	3	100	100
TOTAL	269	100	101	37.5	168	62.5	78	29.0	46.5	36	13.4	21.4	54	20.1	32.1

Tabla 5.4: Propiedades de las galaxias

Propiedades	NoE		AGN		TO		SFN	
	med.	desv.	med.	desv.	med.	desv.	med.	desv.
Morfología	-2.1	1.4	0.3	2.6	2.2	2.6	4.9	2.6
Vr	8764	2739	7527	2379	6960	2436	8095	2674
$B_T$	15.23	1.02	14.64	1.02	14.52	4.09	15.40	3.15
$M_B$	-20.10	0.88	-20.58	0.80	-20.30	0.83	-19.58	1.04
Inclinación	62.23	14.73	66.64	18.97	64.37	25.17	68.06	19.02

Las espirales las dividimos en cuatro intervalos de morfología, los dos primeros corresponden a las espirales tempranas (SOa-Sab y Sb-Sbc,  $0 \leq T < 5$ ), que representan el 31 % de la muestra, y los dos últimos, con el 13.5 %, a las espirales tardías (Sc-Scd, Sd-Sdm,  $5 \leq T < 9$ ). El 1.1 % restante corresponde a las galaxias irregulares ( $I, T \geq 9$ ).

Por lo que respecta a la proporción de emisiones y no emisiones, en las columnas 4 y 5 de la Tabla 5.3 se dan respectivamente el número (N) y porcentaje ( $P_t$ ) de las galaxias sin emisión para cada tipo morfológico y en las columnas 6 y 7 el número (N) y porcentaje ( $P_t$ ) de las galaxias que muestran algún tipo de emisión nuclear en cada intervalo de morfología. Comparando con el total, el 62 % de las galaxias muestran algún tipo de emisión. Esta tasa de emisión aumenta hasta el 92.3 % si consideramos galaxias Sb y más tardías ( $T \geq 3$ ); es de un 36.6 % en elípticas y 38 % en galaxias lenticulares (SO).

De la columna 8 a la 16 mostramos la distribución morfológica para cada clasificación espectroscópica nuclear donde N representa el número de objetos por intervalo de morfología;  $P_t$  el porcentaje sobre el número total de galaxias en cada intervalo y  $P_e$  es el porcentaje sobre número de galaxias con emisiones para ese intervalo de morfología. Es decir, la suma de todos los porcentajes  $P_t$ ,  $P_{t(AGN)} + P_{t(TO)} + P_{t(SFN)} + P_{t(Abs)} = 100$  corresponde al la muestra total, mientras que la suma de todos los porcentajes  $P_e$   $P_{e(AGN)} + P_{e(TO)} + P_{e(SFN)} = 100$  corresponde al total de galaxias con emisión.

De acuerdo con los porcentajes encontrados, en los tipos más tempranos la actividad dominante es AGN:

- encontramos que el 80 % de actividad encontrada en galaxias Elípticas es tipo AGN frente a sólo un 6.7 % de formación estelar (el resto son objetos de transición.).
- Para las lenticulares el porcentaje de AGNs disminuye hasta el 62.5 % y aumenta ligeramente la formación estelar a un 17.5 %; también el porcentaje de objetos de transición aumenta a un 20 % frente al 13.3 % en las elípticas.
- En las espirales más tempranas (SOa-Sab), los AGNs continúan siendo el tipo de actividad dominante, el 63.2 % de las galaxias con emisión albergan un AGN puro mientras que sólo un 7.9 % tienen formación estelar nuclear.

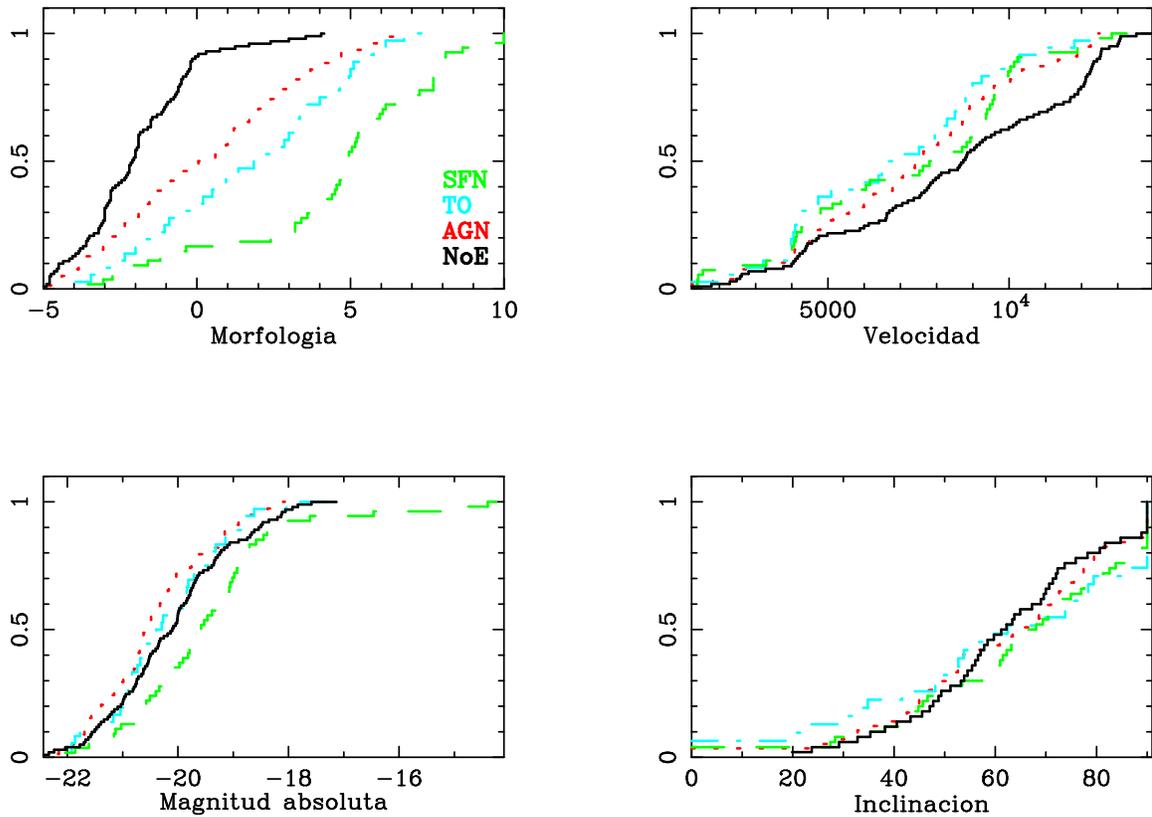


Figura 5.4: Funciones de distribución acumulada de la morfología, la velocidad radial, la magnitud absoluta y la inclinación de la galaxia anfitriona para cada tipo de clasificación nuclear. La línea continua negra representa a las galaxias sin emisiones, las líneas rayadas verdes a los SFNs, las líneas punteadas rojas a los AGNs y las líneas que tienen rayas y puntos azules son los objetos de transición.

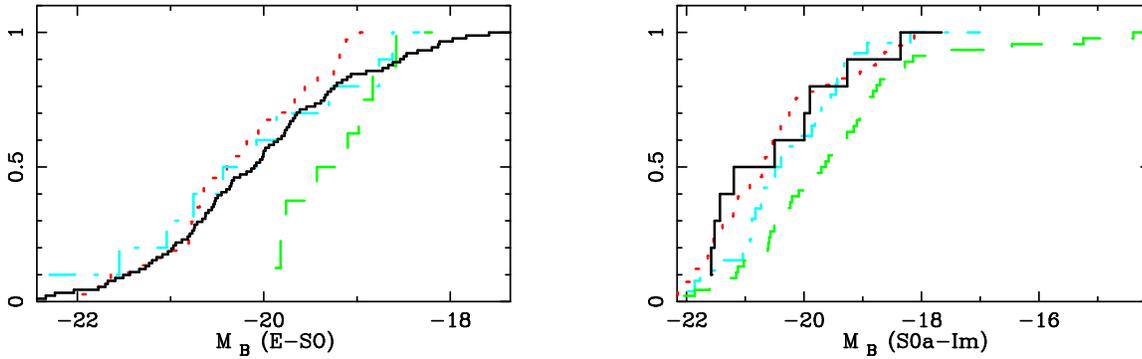


Figura 5.5: Funciones de distribución acumulada de la Magnitud Absoluta para cada tipo de actividad nuclear separado en dos intervalos de morfología. En la de la izquierda las galaxias tempranas (E-SO) y en la figura de la derecha las distribuciones para galaxias con tipos  $\geq$ SOa.

- A medida que nos vamos hacia tipos morfológicos más tardíos, la formación estelar nuclear adquiere más importancia siendo ya en Sb-Sbc un 47.2 % de las galaxias activas y aumenta a un 100 % en las galaxias espirales más tardías (Sd-Sdm).
- Los objetos de transición aparecen en las galaxias elípticas (12.5 % de las emisiones), aumentan hasta alcanzar su mayor contribución en galaxias SOa-Sab y disminuyen hasta no encontrar ninguna a partir de Sd, al igual que tampoco se encuentran AGNs.

Resumiendo, podemos decir que en esta muestra, al igual que se ha encontrado en otros entornos, las galaxias de tipos morfológicos tempranos con algún tipo de emisión están dominadas por AGNs mientras que las galaxias de tipos morfológicos más tardíos están dominados por formación estelar nuclear.

También se ha analizado la función de distribución acumulada  $F(x)$ , que representa la probabilidad de que una variable tenga un valor menor o igual que  $x$ . Se han estudiado las funciones acumuladas por tipo de actividad nuclear (NoE, AGN, TO y SFN). En la Figura 5.4a se representan las funciones acumuladas de actividad para la morfología. La línea negra corresponde a la función de distribución acumulada para las NoE, en rojo la de los AGNs puros, en azul la de los TOs y en verde la de los SFN. Para entender mejor esta gráfica, en la Tabla 5.4 se muestra para cada distribución su valor mediano y la desviación estándar. Claramente puede verse en la figura que la distribución morfológica es diferente para cada tipo de actividad: - las galaxias sin líneas de emisión se encuentran en tipos morfológicos más tempranos, típicamente SO; de hecho, el 90 % de las no emisiones están en tipos más tempranos que SOa y no hay ninguna galaxias sin emisión en tipos más tardíos de Sbc.

- En el caso de los AGNs, la distribución morfológica tiene un crecimiento más lineal llegando a encontrar 6 AGNs en galaxias Sc pero con un tipo mediano de SOa. Aunque se

pensaba que los AGNs sólo podían estar en los tipos morfológicos tempranos, cada vez hay más estudios que encuentran AGNs en galaxias tardías (Ho et al. 1997c; Greene et al. 2004; Bennert et al. 2006; Satyapal et al. 2007; Ghosh et al. 2008). De hecho Decarli et al. (2007) en un estudio de espirales tardías en Virgo encuentra que el 32 % de las galaxias Sc y tardías continen un AGN

- La distribución de TOs es muy similar a la de AGNs pero desplazada un tipo morfológico, es decir, llega hasta las Scd y la mediana es de Sab. Además aunque todas las distribuciones son diferentes, las dos que más cerca están son la de los AGNs y los TOs lo que nos da más indicios de la naturaleza AGN que poseen los objetos de transición.

-Por último, los SFNs son los que presentan una distribución diferente en las activas, llega hasta Irregulares y su mediana está en tipos Sc.

Como ya mencionó Coziol et al. (1998) en el contexto de los grupos compactos, la relación morfología-actividad encontrada en los grupos no ocurre sólo en estos sistemas sino que parece un rasgo general de las galaxias independientemente del entorno (Kennicutt 1992). De todas formas, cada vez salen más estudios de autores que encuentran AGNs en espirales tardías e incluso algunos (Decarli et al. 2007; Gallo et al. 2008) señalan que la aparición del AGN parece estar más relacionada con la masa de la galaxias que con su morfología.

### Velocidad Radial

Las tres distribuciones acumuladas de AGNs, SFN y TOs se encuentran en el mismo rango como se puede apreciar en la Figura 5.4 y en la Tabla 5.4 por lo que se puede considerar que en el caso de las emisiones todas las distribuciones son idénticas. La única diferencia, aunque no significativa está en la distribución de galaxias sin emisiones. De hecho, aunque nuestra muestra llega a 14000km/s, para valores de velocidad radial superiores a 12500km/s no se detecta ninguna emisión. Esto nos podría estar diciendo que con los datos espectroscópicos que tenemos y teniendo en cuenta que los AGNs que albergan estas galaxias son débiles y pueden estar enmascarados por la población estelar subyacente, sólo podemos detectarlos si están a un  $z < 0.04$

### Magnitud Absoluta

En la Figura 5.4 se muestran las distribuciones acumuladas para los cuatro tipos de actividad (NoE, AGN, TO y SFN) de la magnitud absoluta. En la Tabla 5.4 también se presentan para cada tipo de actividad nuclear, las magnitudes absolutas medianas de las distribuciones. De este análisis se deduce que :

- la distribución de AGNs es la más brillante, con una mediana de -20.58,

- la distribución de SFN es la más débil con una mediana de -19.58,
- la distribución de TOs está entre la de los AGNs y la de los SFN con una mediana de -20.30 y
- la distribución de las NoE también está entre la de los AGNs y los SFN con una mediana de -20.10.

La distribución de TOs y NoE se solapan, según el Test de Kolmogorov-Smirnov (KS), la probabilidad de que estas dos distribuciones provengan de la misma muestra es de un 97%. El hecho de que la distribución de NoE esté en medio puede ser debido al efecto de la morfología. Sabemos que las NoE están en tipos morfológicos más tempranos, que a su vez son los más luminosos. Al no poseer actividad nuclear el brillo de la galaxia proviene sólo de las estrellas. En el caso de los AGNs que también están en galaxias tempranas, el brillo de la galaxia se ve incrementado por el que viene del núcleo haciendo que la distribución de AGNs sea más brillante que la de NoE aunque estén en tipos morfológicos más tardíos y por lo tanto menos luminosos.

Para separar el efecto de la morfología del de la luminosidad, se ha realizado este estudio por intervalos de morfología. Para ello se analizó la distribución de la magnitud absoluta de las galaxias con los distintos tipos de actividad nuclear pero separando entre galaxias tempranas ( $T < SOa$ ) y galaxias tardías ( $T \geq SOa$ ). En el intervalo de tempranas tenemos 146 galaxias de las que 91 son Noe, 8 SFN, 10 TOs y 37 AGNs. En el intervalo de tardías tenemos 123 de las que 10 son Noe, 46 SFN, 41 AGNs y 26 son TOs. Estas nuevas distribuciones de  $M_B$  se muestran en la Figura 5.5a y b. De nuevo la distribución de AGNs es más brillantes que la SFN tanto para las galaxias tempranas como para las tardías, y los TOs se sitúan entre los AGNs y los SFNs. Es decir, que independientemente de la morfología, las galaxias que albergan AGNs son más luminosas que las que albergan formación estelar nuclear, y esto se debe precisamente a que es el AGN el que hace que la galaxia sea más brillante.

### Luminosidad del AGN

Para calcular la luminosidad del AGN necesitamos flujos absolutos, es decir, no podemos calcularla para las dos galaxias tomadas del archivo de la ESO que muestran emisiones ni para las otras dos tomadas del archivo del 6dF ni para las nueve tomadas de SPM. Para el cálculo de la luminosidad, tenemos el flujo de  $H\alpha$  para 109 galaxias. La luminosidad viene dada por:

$L=4\pi D^2 F$  en erg/s donde  $D=V_r/H_0$  es la distancia y  $F$  el flujo observado con  $H_0=70\text{km s}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$ ,  $D$  en Mpc y como  $F$  está en unidades de  $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$  la luminosidad nos queda en erg/s.

De las 109 galaxias, 48 son AGNs puros y su luminosidad en  $H\alpha$  tiene valores desde  $8.13 \times 10^{37}$  a  $4.9 \times 10^{39}$  con un valor mediano de  $10^{39}$ . Para corregir de la extinción (tanto

la de nuestra galaxias como de la interna) hemos usado la Ley de Cardelli (Cardelli et al. 1989) que dice:

$$\frac{A_\lambda}{A_v} = a(x) + \frac{b(x)}{R_v}, \text{ donde } R_v = 3,1 \text{ y } x = \lambda^{-1} \quad (5.1)$$

para la zona del óptico e infrarrojo cercano ( $1.1\mu\text{m}^{-1} \leq x \leq 3.3\mu\text{m}^{-1}$  donde:

$$a(x) = 1 + 0,17699y - 0,050447y^2 - 0,02427y^3 + 0,72085y^4 + 0,01979y^5 - 0,7753y^6 + 0,32999y^7$$

$$b(x) = 1,41338y + 2,28305y^2 + 1,07233y^3 - 5,38434y^4 - 0,62251y^5 + 5,30260y^6 - 2,09002y^7$$

y=x-1.82 con  $\lambda \mu\text{m}$ .

Para  $H\alpha$  se obtiene utilizando las fórmulas anteriores:  $A_\alpha/A_v=0.8153$ , y para  $H\beta$  y [OIII] obtenemos respectivamente:  $A_\beta/A_v=1.1662$  y  $A_{[OIII]}/A_v=1.1223$ .

De momento tenemos la extinción en función de  $A_v$ , para calcularla vamos a utilizar el exceso de extinción en  $H\beta$  con respecto al de  $H\alpha$ , es decir  $E(\beta-\alpha)$ . Utilizando la relación entre  $A_v$  y el exceso  $E(H\beta-H\alpha)$  tenemos:

$$E(\beta - \alpha) = A_\beta - A_\alpha = \left(\frac{A_\beta}{A_v} + \frac{A_\alpha}{A_v}\right)A_v = 0,3509A_v, \Rightarrow A_v = 2,8498E(\beta - \alpha) \quad (5.2)$$

Dado que la relación  $H\alpha/H\beta$  intrínseco es 3.1, entonces:

$$\frac{F_{obs}(H\alpha)}{F_{obs}(H\beta)} = \frac{F_{real}(H\alpha)}{F_{real}(H\beta)} \times 10^{-0,4(A_\alpha - A_\beta)} \quad (5.3)$$

tomando logaritmos y sustituyendo se obtiene:

$$E(\beta - \alpha) = 2,5 \log \left( \frac{1}{3,1} \frac{F_{obs}(H\alpha)}{F_{obs}(H\beta)} \right) \quad (5.4)$$

Sustituyendo los valores de  $H\alpha$  y  $H\beta$  medidos directamente en los espectros se obtiene primero  $E(\beta-\alpha)$ , luego  $A_v$  y de ahí la extinción en cualquier longitud de onda. Esto implica que para corregir de extinción la luminosidad de  $H\alpha$  necesitamos tener medidas de  $H\beta$ .

De los 48 AGNs puros con información de  $H\alpha$ , 23 tienen también información de  $H\beta$  por lo que podemos corregir estos de extinción, no obstante, la extinción puede estar sobreestimada dado que los errores en la medida de  $H\beta$  después de la sustracción del *template* son mayores que en  $H\alpha$ . Teniendo esto en cuenta, la luminosidad de  $H\alpha$  varía entre  $3.3 \times 10^{39}$  y  $1.23 \times 10^{42}$  con una mediana de  $6.76 \times 10^{40}$ . Puesto que aquellos AGNs con luminosidad en  $H\alpha \leq 10^{40}$  o  $H\alpha \leq 10^{41}$  se consideran de baja luminosidad, se confirma que en estos entornos, el tipo de actividad que predomina son AGNs de baja luminosidad que se denominan por LLAGNs.

### Inclinación

En el último review sobre actividad nuclear en galaxias cercanas (Ho 2008) menciona que el ángulo de inclinación de las galaxias que albergan Objetos de Transición parece ser mayor que las galaxias que albergan un LINER. Nosotros no hemos dividido entre LINER y Seyferts pero vamos a comprobar si esto se cumple en nuestra muestra entre TOs y AGNs. Hemos buscado el ángulo de inclinación de nuestras galaxias en HYPERLEDA y consideramos sólo aquellas galaxias que tienen una componente de disco, es decir  $\geq$  SO. La representación de estas distribuciones acumuladas para los distintos tipos de actividad y el ángulo de inclinación de la galaxia que lo alberga se encuentra en la Figura 5.4d. En nuestra muestra, todas las distribuciones son completamente iguales. Podemos concluir que en nuestra muestra la diferencia en clasificación espectral nuclear entre TOs y AGNs no puede ser debida sólo a una diferencia en la inclinación de la galaxia que lo contiene.

### Infrarrojo Lejano

Hemos recopilado la información disponible del infrarrojo lejano de IRAS (Verdes-Montenegro et al. 2001) para nuestra muestra de HCGs. Para 136 de las 282 galaxias existe algún tipo de información ya sea la medida del flujo o una cota superior para alguna de las bandas ( $12\mu\text{m}$ ,  $25\mu\text{m}$ ,  $60\mu\text{m}$  y  $100\mu\text{m}$ ). Si nos restringimos a aquellas galaxias que tengan información en alguna de las bandas pero sin considerar las cotas superiores entonces el número se reduce a 68 de las que 9 estarían clasificadas como SFN, 10 como TO, 25 como AGN y otras 24 como NoE. De hecho, un 30 % de las galaxias detectadas al menos en tres bandas las hemos clasificado como NoE en nuestra muestra. Las mayoría de las galaxias son E y S0 por lo que no es probable que esta actividad detectada en infrarrojo lejanos venga de algún evento de formación estelar en el disco. Puesto que su mediana en velocidad radial es de  $9340\text{km/s}$  puede ser que albergan algún tipo de actividad en el núcleo ya sea formación estelar o AGN pero a tan bajo nivel que en el óptico no somos capaces de detectarlo.

Si tenemos en cuenta solo aquellas galaxias en las que se detecta emisión en el infrarrojo lejano y en el óptico, el 75 % de esas galaxias albergan un AGN. De aquí se deduce que es bastante probable que esas galaxias clasificadas como NoE en el óptico y con emisión en infrarrojo lejano alberguen también un AGN.

En la Figura 5.7 se representa el histograma de las galaxias que tienen medidas para la banda de  $12\mu\text{m}$  (a),  $25\mu\text{m}$  (b),  $60\mu\text{m}$  (c) y  $100\mu\text{m}$  (d) para los distintos tipos de actividad encontrada en estas galaxias. En la Figura ?? se muestra el histograma para aquellas que se ha calculado la luminosidad en el FIR (en luminosidades solares). La mayor parte de las galaxias que emiten en cualquier banda son AGNs, y también son los AGNs los que en la Luminosidad total, cubren un rango mayor que las galaxias que albergan otro tipo de actividad. Hay que tener en cuenta que es un número pequeño de galaxias por lo que no se pueden sacar conclusiones definitivas.

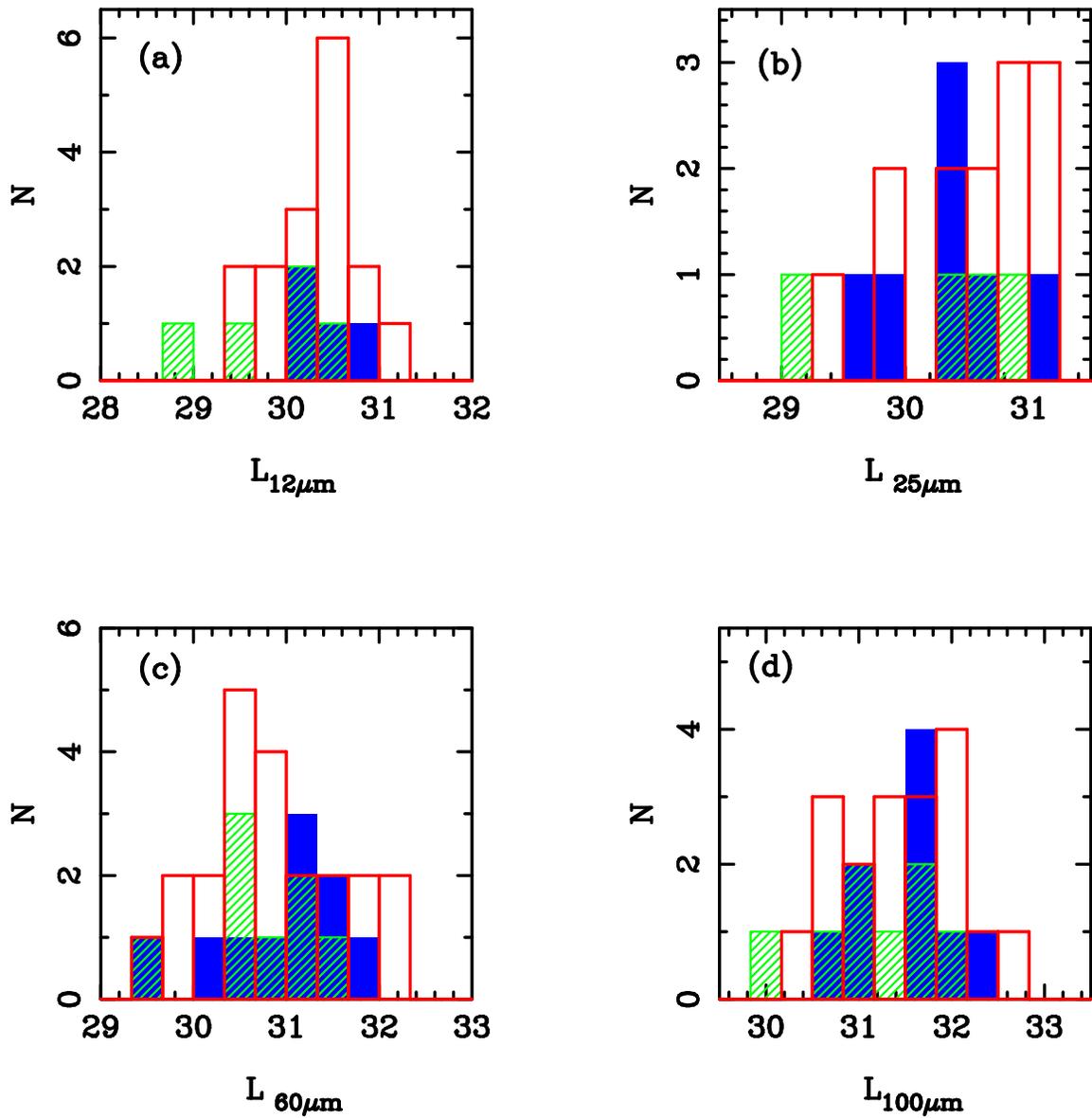


Figura 5.6: En estos cuatro histogramas se representan para cada tipo de actividad, la luminosidad en la banda de  $12\mu\text{m}$  (a),  $25\mu\text{m}$  (b),  $60\mu\text{m}$  (c) y  $100\mu\text{m}$  (d). Las líneas rojas representan los AGNs, las rayas verdes a lo SFN y el fondo azul a los TOs.

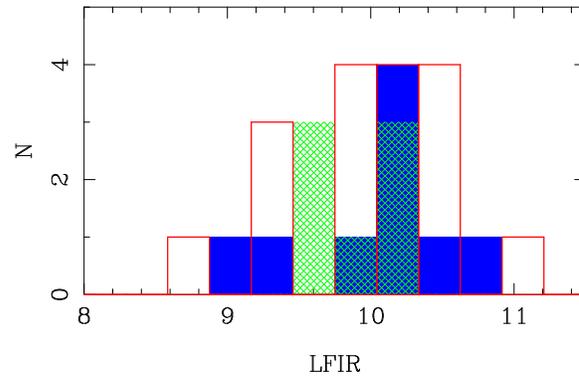


Figura 5.7: Aquí se muestra el histograma con las galaxias que tienen información en al menos la banda de  $60\mu\text{m}$  y  $100\mu\text{m}$  y para las que, por lo tanto se ha calculado  $L_{FIR}$ . Las líneas rojas representan los AGNs, las rayas verdes los SFNs y el fondo azul a los TOs.

### Barras y Anillos

La relación entre la presencia de componentes no axisimétricos en las galaxias y la inducción de actividad nuclear tanto en formación estelar como de tipo AGN es motivo de debate. Si bien las simulaciones (Englmaier & Shlosman 2000; Bournaud & Combes 2002; Athanassoula 2003; Kormendy & Kennicutt 2004) indican que las barras a gran escala son eficientes para conducir gas hacia el centro de las galaxias, no hay acuerdo en los análisis observacionales. Existen estudios que encuentran la misma proporción de barras en galaxias con actividad y sin ella (Moles et al. 1995; Ho et al. 1997d; Perea et al. 1997; Márquez et al. 2000) mientras otros (Laurikainen et al. 2004; Maia et al. 2003; ?) muestran que las galaxias AGN tienen más frecuentemente barras que las no activas y que eso ocurre independientemente del tipo morfológico.

En este apartado analizamos la presencia de barras a gran escala y anillos en las galaxias de la muestra. Al igual que cuando estudiamos la inclinación de la galaxia, en este estudio de barras primarias y presencia de anillos para los distintos tipo de actividad nos centramos en las 188 galaxias con componente de disco y clasificación espectral de muestra. Los datos morfológicos han sido obtenidos de la base de Hyperleda.

De las 188 galaxias, 18 presentan anillos que se reparten en un 61 % (11 galaxias) en AGNs que aumenta a un 83 % si consideramos AGNs+TOs ( 4 galaxias con anillo (22 %) en TOs, 2 en galaxias SFN y 1 en Noe). Respecto a la presencia de barras (tanto de tipos AB como B en la nomenclatura de de Vaucouleurs), de las 188 espirales tienen barra 62 galaxias entre las que encontramos:

- un 42 % (26 galaxias) clasificadas como AGNs puros
- 16 % (10) como TOs, haciendo un total del 58 % en AGNs

- 19 % (12) en galaxias con SFN y
- 23 % (14) en Noe, galaxias sin emisión

Para comprobar si existe un exceso de galaxias AGN con barras o anillos y que los porcentajes que encontramos puedan ser significativos, hay que hacer un estudio relativo con la proporción de galaxias clasificadas con cada tipo espectral que tienen esas características morfológicas.

De las 188 galaxias con disco y con información espectral nuclear, 50 (27 %) no presentan emisiones, 50 (27 %) son SFNs, 57 (30 %) son AGNs puros y 31 (16 %) son TOs. Por tanto los anillos representan el 4 % para las SFNs, el 2 % de las Noe, este porcentaje aumenta a un 13 % en las galaxias TO y a un 19 % para los AGNs. Aunque existe una frecuencia mayor de anillos entre galaxias con AGN, que podía estar también ligado a los procesos de interacción, dado el pequeño número de galaxias involucrado no es posible hacer un estudio estadístico más completo.

Respecto a las barras, éstas representan el 46 % de los AGNs, el 32 % de los TOs y el 24 % y 28 % de los SFN y NoE respectivamente. Parece por tanto que las barras son más frecuentes en galaxias que albergan AGNs (ya sean AGNs puros o TOs) que en los otros tipos de galaxias.

En la Figura 5.8a se muestran los histogramas de las distribuciones morfología de todas las galaxias espirales con un AGN (línea roja) y con SFN (línea verde) y en la Figura 5.8b los mismos histogramas pero sólo para las espirales barradas. Se verifica que la distribución de morfologías de galaxias con barra es similar a la de todas las espirales. En concreto en los AGNs los valores medianos en el tipo morfológico de 1.3 y 1.6 (con desviaciones medias de 2 y 1.6) respectivamente para todos los AGNs y los AGNs barrados. Esto lo hemos cuantificado con un test de Kolmogorov-Smirnov con el que hemos obtenido que la probabilidad de que los AGNs (con  $T \neq SO$ ) y los AGNs con barra (agnb en la figura) vengan de una distribución diferente es sólo del 7 %, por tanto se puede decir que una es representativa de la otra y da significancia al resultado encontrado.

Todo indica que las galaxias de los grupos compactos de esta muestra con un AGN tienden a tener el doble de barras que otros tipos de actividad, en particular respecto a las SFN. Contrariamente a lo que cabría esperar si se verifica que las barras son más frecuentes en galaxias de tipos más tardíos y por tanto tenderían a aparecer más frecuentemente en SFNs.

### **Radio-fuentes**

Los primeros estudios de radio fuentes en grupos compactos de Hickson los llevaron a cabo Menon & Hickson (1985) que realizaron un amplio estudio con el VLA pero dado que no les permitió resolver algunas fuentes, repitieron algunas observaciones que se presentaron en el segundo artículo (Menon 1995) donde comparando con la emisión en radio de otras

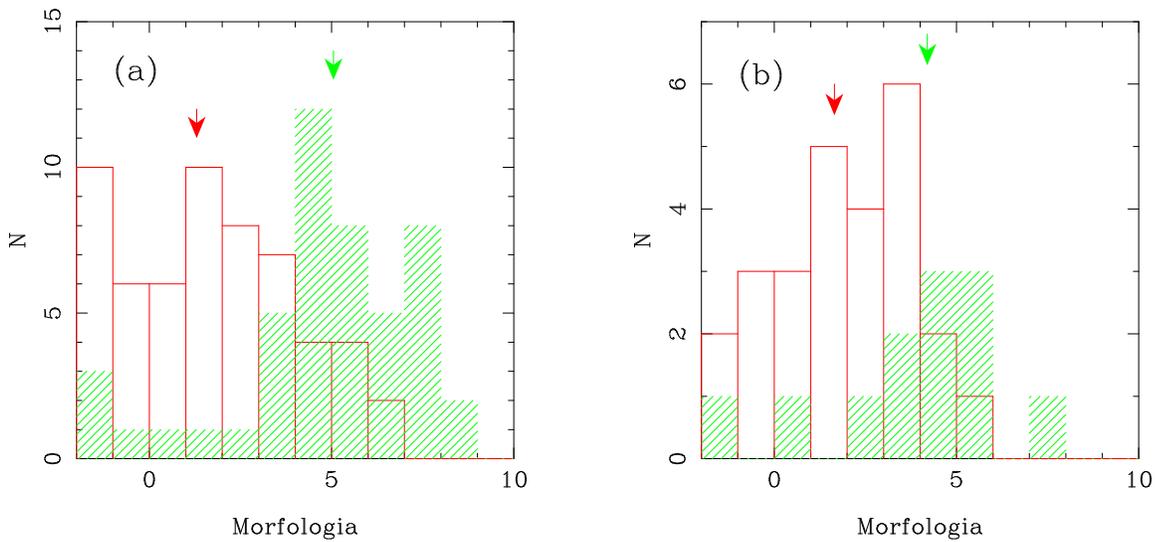


Figura 5.8: En la figura de la izquierda se muestra el histograma de las distribuciones de morfología de todas las galaxias con componente de disco con un AGN (línea roja) y con SFN (línea verde). En la derecha los mismos histogramas pero solo para aquellas galaxias que presentan una barra. En ambos histogramas las flechas indican la mediana de la distribución.

muestra se pudo comprobar que mientras el contenido global de emisión en radiocontinuo es menor que en el campo, cuando se restringían solo a la zona nuclear, entonces la emisión era mucho mayor en su muestra de HCGs que en galaxias de campo. Posteriormente Condon et al. (1998) presentaron una extensa muestra de radiofuentes que fue ampliado posteriormente en Condon et al. (2002). Además de estos datos hemos tomado algunos de Dressel & Condon (1978); Becker et al. (1995) y Mauch et al. (2003).

En la Tabla 5.5 se muestra para cada galaxia detectada, la medida en radio continuo en unidades de mJy (columna 2) y la frecuencia utilizada en GHz (columna 3) normalmente es 1.4GHz pero hay algunas a 1.54GHz y 1.685GHz. En esa tabla está citado en la columna 4 el código de referencia de donde han sido sacados los datos. De las 105 galaxias detectadas en radio continuo, 101 tienen clasificación espectral nuclear: 18 son NoE, 21 son SFN, también 21 son TOs y las 41 restantes son AGNs, además son los AGNs los que llegan a valores más altos (H96a, 221.0mJy). En este caso al igual que en FIR, hay un porcentaje significativo de galaxias que han sido clasificadas como NoE y que muestran emisión en radio. Puesto que muchas de estas galaxias son de tipo temprano, es bastante probable que la emisión provenga del núcleo por lo que estoy confirmado e nuevo que podemos estar perdiendo emisiones y en particular AGNs. Figura 5.9 se muestran el histograma con los AGNs, TO y SFN que muestran emisión a 1.4GHz. La luminosidad se ha puesto en unidades de luminosidades

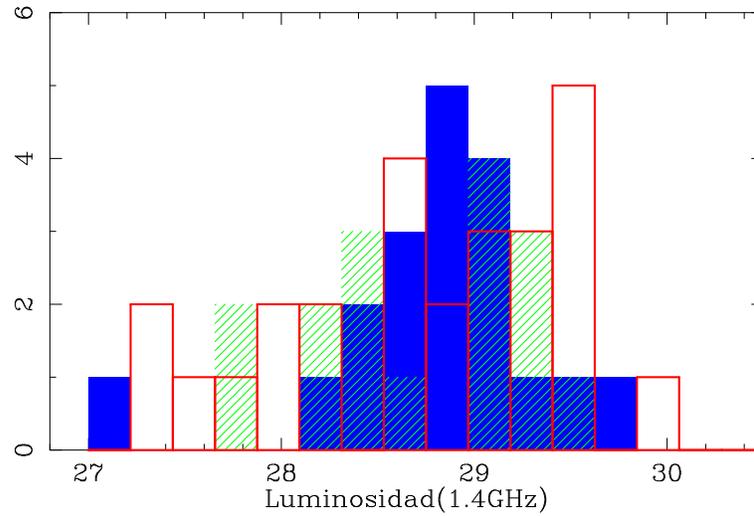


Figura 5.9: Histograma de la emisión en radio continuo para los distintos tipos de actividad. Las líneas rojas corresponden a los AGNs puros, las verdes a los SFN y el fondo azul a los TOs.

solares.

Tabla 5.5: Galaxias detectadas en radiocontinuo

Galaxias	$F_{rad}(mJy)$	Freq(GHz)	Bibl	Cla
HCG1a	5.4	1.4	1	SFN
HCG1b	4.9	1.4	2	NoE
HCG3a	3.4	1.4	1	AGN
HCG4a	43.5	1.4	1	TO
HCG5a	5.3	1.4	2	AGN
HCG7a	16.4	1.4	2	TO
HCG7c	4.5	1.4	2	SFN
HCG10a	3.1	1.4	2	AGN
HCG10c	3.1	1.4	2	SFN
HCG13a	1.3	1.4	3	AGN
HCG16a	48.1	1.4	1	AGN
HCG16b	2.6	1.4	3	AGN
HCG16c	87.9	1.4	1	TO
HCG16d	30.9	1.4	3	SFN
HCG22a	0.5	0.8	6	AGN
HCG23a	0.9	1.4	3	AGN
HCG23b	8.0	1.4	3	TO
HCG23d	3.2	1.4	3	AGN

Tabla 5.5: continuación

Galaxias	$F_{rad}$ (mJy)	Freq(GHz)	Bibl	Cla
HCG26a	10.5	1.4	3	SFN
HCG28b	4.3	1.4	1	AGN
HCG31a	13.0	1.5	3	SFN
H31G	9.7	1.4	1	SFN
HCG33a	72.1	1.4	1	AGN
HCG33c	8.5	1.4	1	TO
HCG34a	4.8	1.4	1	TO
HCG34b	7.6	1.4	1	SFN
HCG34c	0.9	1.4	3	SFN
HCG37a	24.0	1.4	2	AGN
HCG37b	4.4	1.4	2	TO
HCG37d	0.8	1.4	3	SFN
HCG38b	8.2	1.4	2	SFN
HCG40a	5.6	1.6	3	NoE
HCG40b	3.1	1.6	3	NoE
HCG40c	6.0	1.4	3	TO
HCG40d	6.4	1.4	3	TO
HCG42a	6.8	5.0	4	AGN
HCG43a	0.9	1.4	3	TO
HCG43b	1.1	1.4	3	SFN
HCG44a	4.8	1.4	3	AGN
HCG44c	5.3	1.4	2	AGN
HCG44d	2.6	1.4	2	TO
HCG46a	2.5	1.6	3	AGN
HCG47a	13.1	1.4	2	AGN
HCG47b	0.7	1.6	3	AGN
HCG49a	1.0	1.0	1	SFN
HCG49b	1.0	1.0	1	SFN
HCG51c	18.4	1.6	3	TO
HCG56b	26.7	1.4	2	AGN
HCG57a	3.8	1.4	2	AGN
HCG57d	5.1	1.4	3	TO
HCG59a	9.0	1.4	3	TO/AGN
HCG61a	1.1	1.4	5	AGN
HCG61c	44.8	1.4	2	TO
HCG62a	0.7	1.6	3	TO/AGN

Tabla 5.5: continuación

Galaxias	$F_{rad}$ (mJy)	Freq(GHz)	Bibl	Cla
HCG67b	6.7	1.4	3	SFN
HCG67c	13.5	1.4	3	SFN
HCG68a	40.5	1.4	2	NoE
HCG68b	8.0	1.4	2	TO
HCG68c	16.8	1.4	2	TO
HCG69a	7.2	1.4	2	AGN
HCG69b	4.7	1.4	3	AGN
HCG74a	13.5	1.6	3	NoE
HCG75b	3.1	1.4	3	TO
HCG79a	9.3	1.4	2	TO
HCG80a	20.6	1.4	3	SFN
HCG82c	5.1	1.4	3	TO/AGN
HCG85a	10.7	1.6	3	NoE
HCG88a	0.9	1.4	3	AGN
HCG90a	37.5	1.4	7	AGN
HCG90d	31.3	0.8	9	TO/AGN
HCG91b	47.0	2.4	8	TO
HCG92c	28.1	1.4	2	AGN
HCG92d	0.8	1.4	3	NoE
HCG93a	44.9	1.4	2	AGN
HCG93b	8.4	1.4	2	AGN
HCG94a	28.6	1.4	2	NoE
HCG95c	6.1	1.4	3	AGN
HCG95d	5.1	1.6	3	SFN
HCG96a	221.0	1.4	2	AGN
HCG96c	4.8	1.4	3	TO
HCG99b	5.0	2.4	8	NoE
HCG100a	12.3	1.4	2	TO
HCG100b	1.0	1.4	3	SFN
HCG100d	4.2	1.4	1	SFN

NOTA:(1):Condon et al. (1998), (2):Condon et al. (2002), (3):Menon & Hickson (1985); Menon (1995), (4):Disney & Wall (1977), (5):Becker et al. (1995), (6):Heeschen & Wade (1964), (7):Condon et al. (1996), (8):Dressel & Condon (1978), (9):Mauch et al. (2003)

### 5.3. Propiedades de los grupos

Una vez que hemos caracterizado las propiedades de las galaxias en función de su clasificación espectroscópica nuclear, el siguiente paso es estudiar las propiedades de los grupos que albergan predominantemente un tipo de actividad e intentar discernir si existen factores debido al entorno que puedan estar interviniendo en la inducción de fenómenos de actividad. Definimos la actividad predominante de un grupo cuando más del 50 % de sus galaxias tienen un mismo tipo de actividad. Esto significa que para que un triplete pertenezca a un determinado grupo de una actividad dominante, por ejemplo AGN, al menos dos de las tres galaxias han de albergar un AGN. En el caso de un cuarteto al menos 3/4. Con esta definición dividimos los grupos en 4 tipos:

- Grupos-Noe: grupos en los que más del 50 % de las galaxias miembro no presentan emisiones, es decir, ningún tipo de actividad ni AGN ni SFN. Hay 14 grupos que cumplen estas características.
- Grupos-SFN: grupos en los que más del 50 % de las galaxias están clasificadas como SFN. De este tipo solo hay 8.
- Grupos-AGN, grupos en los que más del 50 % de las galaxias albergan AGNs puros. Encontramos otros ocho grupos de esta clase.
- Grupos-AGNTO, son aquellos en los que más de la mitad de las galaxias tienen o un AGN puro o TO, ya que ambos albergan un AGN. Un total de 22 grupos cumplen estas condiciones.

En este apartado analizaremos las propiedades de estos grupos en función del tipo de actividad que predomine en el grupo. Entre las propiedades que hemos considerado están la dispersión de velocidades, la distancia a la que se encuentran, la separación media entre pares, la masa del grupo, la luminosidad del grupo, la deficiencia en HI y la multiplicidad.

#### **Dispersión de Velocidades**

En la Figura 5.10 se muestran las funciones de distribución acumulada para las cuatro clases de grupos de actividad que acabamos de definir. La Figura de la izquierda corresponde a la dispersión de velocidades de los grupos y la de la derecha a la velocidad radial del grupo. Como claramente se ve en la figura, existen diferencias claras entre las funciones acumuladas de las distintas clases de grupos:

- Los Grupos-NoE tienen una mayor dispersión de velocidades que el resto de grupos con algún tipo de actividad.
- Los Grupos-SFN tienen la menor dispersión de velocidades.

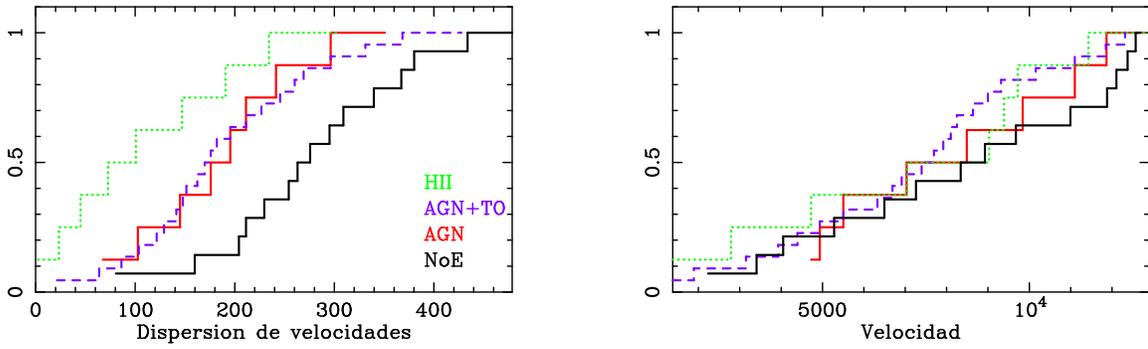


Figura 5.10: Función de distribución acumulada de la dispersión de velocidades (izq.) y la Velocidad Radial (dcha.) para los grupos dominados por SFN (línea verde), los grupos dominados por AGNs puros (línea roja), dominados por AGNs+TOs (línea morada) y los grupos dominados por galaxias sin emisión (línea negra).

- Tanto los Grupos-AGN como los Grupos-AGNTO, tienen una dispersión de velocidades intermedia y entre ellos tienen la misma distribución de dispersión de velocidades.

Estos se refleja también en los valores medianos de las distribuciones que se muestran en la Tabla ?? donde también se da la desviación media de cada distribución.

En el apartado anterior hemos visto que los AGNs están en tipos morfológicos más tempranos que los SFN, es decir, que los grupos dominados por AGNs, estarán también dominados por galaxias tempranas. Por la relación morfología-dispersión de velocidad, cabe esperar que los grupos dominados por AGNs, tengan mayor dispersión de velocidades que los grupos dominados por SFN. Para comprobar esto, dividimos la muestra en dos, por un lado los que están dominados por galaxias tempranas, considerando tempranas como hemos dicho antes  $\leq S0$ , y tardías el resto (Fig. 5.12). El problema es que al hacer esta separación en número de grupos en cada clase se reduce mucho. De hecho no existe ningún grupo dominado por tempranas y al mismo tiempo dominadas por SFN. Se comprueba que incluso en grupos dominados por galaxias tempranas, aquellos que además están dominados por actividad AGNs, ya sea por AGN puro o por TO, tienen una mayor dispersión de velocidades que los grupos dominados por NoE. De la misma forma no existen grupos dominados por tardías que también estén dominados por NoE.

No hay ningún grupo dominado por SFN con  $\sigma_v \geq 250 \text{ km/s}$  (el 95% tienen  $\sigma_v \leq 200 \text{ km/s}$ ) mientras que el 50% de los Grupos-AGN tienen una  $\sigma_v \geq 200 \text{ km/s}$  y sólo el 15% de ñps Grupos-NoE tienen  $\sigma_v \geq 200 \text{ km/s}$ . Esta diferencia se mantiene con la morfología, los grupos dominados por galaxias tardías y que a su vez están dominados por SFN tienen una mayor dispersión de velocidades que los grupos dominados por tardías y a su vez por AGN+TO.

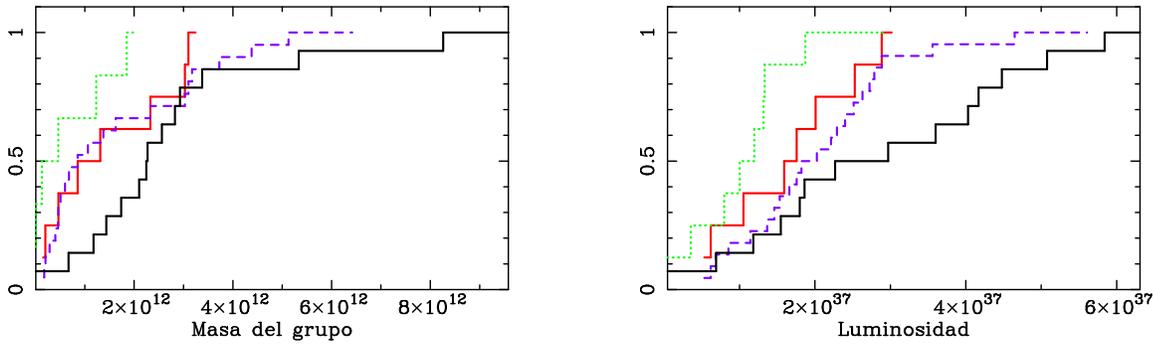


Figura 5.11: Función de distribución acumulada para la Masa del grupo (izq.) y la luminosidad (dcha). Ver Figura 5.10 para la identificación de las líneas

Tabla 5.6: Propiedades de los grupos

Propiedades	Grupo-NoE		Grupo-AGN		Grup-AGN+TO		Grupo-SFN	
	med.	desv.	med.	desv.	med.	desv.	med.	desv.
$\sigma_v$	276	71	196	57	176	68	101	71
$V_r$	8925	2850	8490	2433	7695	2319	9030	2745
Masa( $10^{11}$ )	23	15	13	11	10	13	5	7
Lum.( $10^{36}$ )	30	15	18	7	20	8	12	5
$R_p$	37	14	43	14	39	15	28	21

Y esto no es un efecto de diferencia de  $z$ .

Estas relaciones se podrán ver con mayor significancia estadística en el estudio de la muestra del UZC-CG, donde se dispone de 215 grupos en vez de los 65 HCGs.

### Velocidad radial

En la Figura 5.10b se muestra las funciones de distribución acumulada de la velocidad radial media proyectada del grupo, para las cuatro clases de grupos de actividad. Se ve que todos los grupos independientemente del tipo de actividad que domine, tiene la misma distribución en velocidad radial. Esto era de esperar puesto que ya se vio además que en las galaxias tampoco había diferencia por propia construcción de la muestra ya que estamos cortando en  $z$ .

No obstante lo que si parece existir es una diferencia en la distribución para  $V_r > 10000 \text{ km/s}$  en el sentido de que los Grupos-NoE tienden a estar a mayor  $z$ . En particular, el 40 % de los Grupos-NoE tienen  $V_r > 10000 \text{ km/s}$ , mientras ue solo el 15 % de los Grupos-AGNTO y el 10 % de los Grupos-SFN están por encima de esa cota. Esto parece indicar que existe una cierta pérdida de sensibilidad en la detección de las emisiones para  $z > 0.35$

### Masa del Grupo

Las masa de cada grupos que se da en la Tabla 2.1 del Capítulo 2 y como ya dijimos proviene del trabajo de Hickson et al. (1992). Se refiere a la masa virial calculada según como la definió Perea et al. (1990). Para un sistema de N galaxias con separaciones proyectadas  $R_{ij}$  y dónde  $v_{z_i}$  es la componente de la velocidad a lo largo de la línea de visión de la galaxia i con respecto al centro de masas de grupo, asumiendo simetría esférica y equilibrio virial, la masa del sistema se calcula como:

$$M_v = \frac{3\pi}{G} \sigma_z^2 R_H \quad (5.5)$$

donde  $\sigma_z$  representa el valor de la dispersión de velocidades en la línea de visión y  $R_H$  es el radio armónico medio proyectado. Estas cantidades están formalmente definidas por,

$$R_H^{-1} = \frac{2 \sum_{i,j} \frac{m_i m_j}{R_{ij}}}{\left( \sum_i m_i \right)^2} \quad \text{y} \quad \sigma_z^2 = \frac{\sum_i m_i v_{z_i}^2}{\sum_i m_i} \quad (5.6)$$

En la Fig. 5.11 se muestran las funciones acumuladas de la masa para las cuatro clases de grupos con actividad dominante y en la Tabla ?? están también los valores medianos de las distribuciones y las desviaciones de las medianas (equivale al rango dentro del 25 % y el 75 % de la distribución).

De la Fig. 5.11 se puede concluir que los grupos dominados por SFN, son generalmente menos masivos que los grupos dominados por Noe. Esto se debe a que la Masa que estamos representando aquí, sacada de está relacionada directamente con la dispersión de velocidades puesto que se trata de masa dinámica y esta se obtiene usando entre otras cosas la dispersión de velocidades del grupo. De nuevo, para ver si este efecto es real, es decir, que el tipo de actividad en un grupo puede estar influido por la Masa total de grupo tenemos que dividir la muestra entre grupos dominados por galaxias de tipo Temprano y grupos dominados por Galaxias de tipo tardío (Fig. 5.12). Como ya vimos antes, no existen grupos dominados por galaxias de tipo temprano y a su vez dominados por SFN pero se aprecia que entre los grupos dominados por NoE siguen presentando una masa mayor que los dominados por AGNs o AGNs+TO. Para el caso de los grupos dominados por galaxias de tipo tardío, no existen grupos dominados por Noe, pero podemos ver que la masa de los grupos dominados por SFN es menor que la de los grupos dominados por AGN+TO.

### Luminosidad del Grupo

También en la Fig. 5.11 tenemos las distribuciones acumuladas de la luminosidad de los grupos dominados por un tipo de actividad determinado. Esta luminosidad sacada de

Hickson et al. (1992) corresponde a la suma de las luminosidades de las galaxias, todas las distribuciones son diferentes iguales salvo la de los Grupos-AGN y los Grupos-AGNTO que como era de esperar son muy similares. Los Grupos-SFN son los menos luminosos mientras que los Grupos-Noe son los más luminosos. Esto se puede deber a un efecto de la morfología puesto que los grupos Noe estarán en su mayoría dominados por espirales que son menos luminosas que las Elípticas o lenticulares que suelen albergar actividad AGN o no muestran emisiones.

### Separación media entre pares

En la Figura 5.3a se muestran las correspondientes funciones acumuladas de  $R_p$  para cada clase de grupo con actividad dominante. Según vemos en la Figura 5.3 y en la Tabla 2.1, no existe diferencia en el tamaño de los grupos en las diferentes clases de grupos a excepción de los grupos dominados por SFN que si bien presenta todo tipo de radios, por debajo de  $R_p=20\text{kpc}$ , no ha otro tipo de grupos que no sean dominados por SFN, y de hecho la mitad de los grupos dominados por SFN tiene  $R_p<28\text{kpc}$ .

Aunque hay Grupos-SFN en todo el rango de radios, son los que tienen una mediana menor y de hecho por debajo de  $20\text{kpc}$  no hay grupos que no sean SFN. Los grupos dominados por SFN tienen tamaños proyectados menores y a su vez tienen una  $\sigma_v$  significativamente menor que el resto.

### Deficiencia en HI

Por último, una de las características de los grupos que nos habla directamente del estado evolutivo en el que se encuentra la agrupación; la deficiencia de HI. Los datos de HI han sido tomados de Verdes-Montenegro et al. (2001).

La deficiencia de HI se define como la diferencia entre la masa de HI predicha para el grupo, teniendo en cuenta las galaxias que lo componen, y la masa total observada. La masa predicha se calcula como la suma del contenido en HI predicho para cada galaxia del grupo de acuerdo a su tipo morfológico y luminosidad, calculada a través de la relación encontrada por Haynes & Giovanelli (1984) para una muestra de 324 galaxias aisladas:

Para el cálculo de la masa predicha se tienen en cuenta las galaxias espirales y lenticulares de cada grupo.

Por otra parte, la observada (Williams & Rood 1987; Huchtmeier 1997; Verdes-Montenegro et al. 2001) se calcula utilizando la expresión:

$$M(HI) = 2,36 \times 10^5 D^2 S\Delta V$$

donde  $D$  es la distancia en Mpc y  $S\Delta V$  es el flujo integrado de HI en  $\text{Jy km s}^{-1}$ .

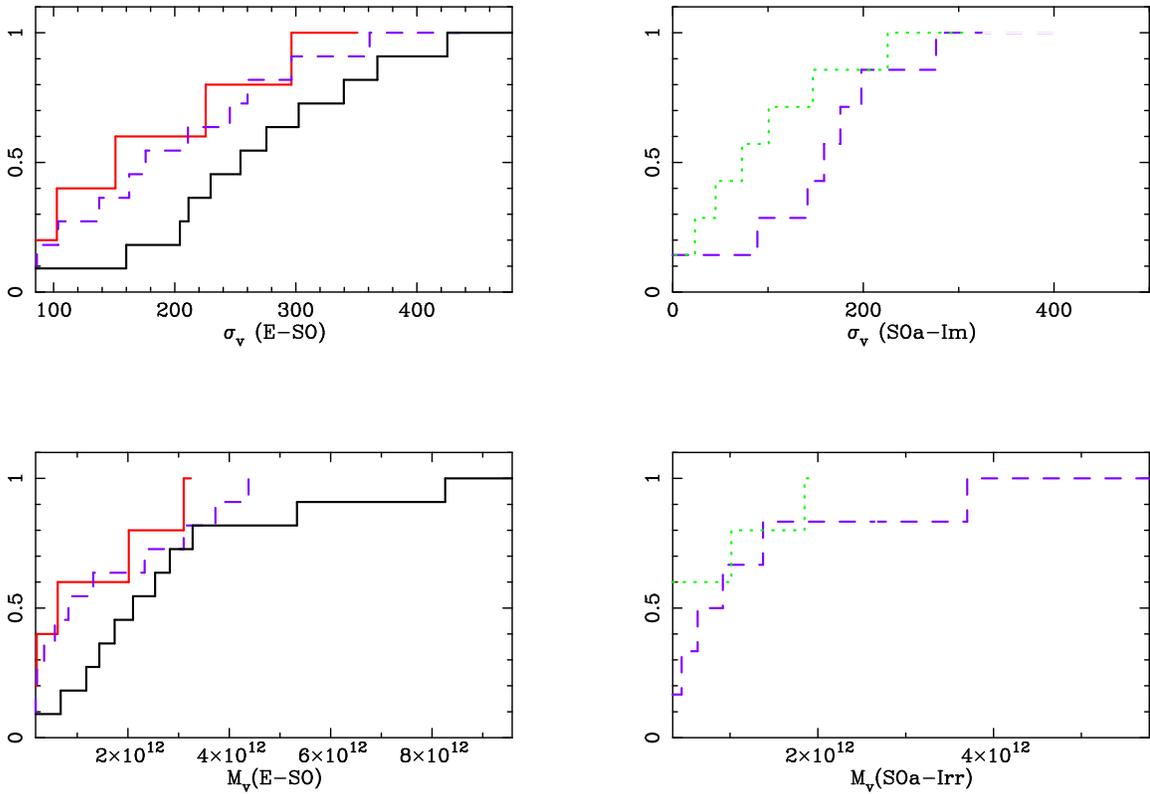


Figura 5.12: Separamos por morfologías para ver si realmente las propiedades de un grupo dominado por un tipo de actividad son diferentes a las de otro grupos dominado por otro tipo de actividad. A la derecha se muestran la dispersión de velocidades y la masa de los grupos dominados por galaxias tempranas.(T<SOa). Lo mismo que la izquierda pero para grupos dominados por galaxias más tardías que SO.Ver Figura 5.10 para la identificación de las líneas

Entonces la deficiencia de la masa de HI vendrá dada por:

$$Def_{HI} = \log[M(HI)_{pred}] - \log[M(HI)_{obs}]$$

De los 65 grupos de la muestra completa, tenemos información de HI para 57, de los que 43 muestran algún grado de deficiencia en HI. De estos 43, 5 están dominados por formación estelar y son HCG31, HCG38, HCG54, HCG80 y HCG100. En principio, un grupo se considera deficiente cuando  $Def_{HI}$  es al menos el doble del error de la medida, esto sólo lo cumple HCG100, por lo que de los 7 grupos dominados por formación estelar nuclear y que poseen información de HI, sólo un grupo sería deficiente, es decir, que en general, los grupos dominados por formación estelar no presentan deficiencia en HI.

De los 22 grupos dominados por AGN+TOs, tenemos información de HI para 18 de ellos pero en dos casos (HCG46 y HCG64) sólo tenemos un límite superior para el HI observado

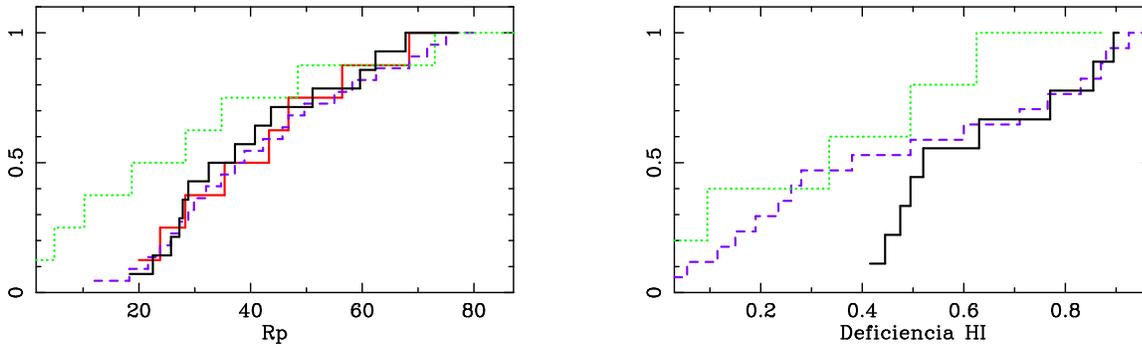


Figura 5.13: Función de distribución acumulada para la separación media entre pares (izq) y la deficiencia de HI a la derecha. Ver Figura 5.10 para la identificación de las líneas

por lo que no podemos asegurar si es deficiente o no. Al contrario que los Grupos-SFN, sólo 1 grupo no muestra ninguna deficiencia de HI y 9 muestran una deficiencia mayor de dos veces el error, de hecho, entre estos grupos se encuentran los más deficientes de toda la muestra que son HCG40 (le falta el 97 % del HI), HCG37 (le falta el 88 %) o HCG57 (le falta el 86 % del hidrógeno neutro). Es decir, que la mayoría de los grupos dominados por AGNs+TOs son deficientes en HI.

De los 14 grupos dominados por Noe, 13 tienen información de HI pero seis de ellos tienen un límite superior para la detección de HI por lo que no se puede decir si son deficientes o no. De los otros 7 grupos restantes, cinco muestran deficiencia en HI. En estos grupos dominados por galaxias sin emisiones, también están en la mayoría de los casos dominados por Elípticas y lenticulares. Las galaxias Elípticas no se les asocia ningún gas intrínseco y a las lenticulares se les asocia una cantidad pequeña pero con grandes errores. Esto hace que calcular la masa predicha para un grupo de estas características sea muy complicado y los errores muy grandes lo que hace que no se pueda concluir acerca de la deficiencia en estos grupos.

En la Figura 5.3b, se representan los grupos dominados por AGNs+TOs (en violeta) y los grupos dominados por NoE (en negro) con alguna deficiencia en HI.

### 5.3.1. Diferencias entre Tripletes y Multipletes

De la muestra de 65 grupos de HCG, tenemos 12 tripletes y 53 Multipletes. De las 36 galaxias de los tripletes tenemos información espectral para 33 de ellas de las que 23 (70 %) muestran emisiones. 11 son AGNs, 8 son SFN y 4 son TOs, es decir que un 65 % de las galaxias con emisión albergan un AGN, un porcentaje similar al que encontramos sobre la muestra completa.

De las 246 galaxias en los multipletes, tenemos información espectral para 236 de las que 145(61 %) muestran emisiones. De estas, 67 son AGNs, 46 SFN y 32 TOs, esto implica que también en los multipletes el porcentaje de galaxias con emisión que albergan un AGN es de 68 %.

De esto deducimos que aunque los tripletes tienen un porcentaje de emisión es mayor que los multipletes, el porcentaje de galaxias que albergan un AGN es similar.

## 5.4. Resumen y Conclusiones

Sobre el catálogo de grupos compactos del Hickson hemos seleccionado una muestra completa y estadísticamente significativa de 65 grupos, aplicando dos criterios, uno de brillo superficial medio del grupo ( $\mu_G < 24,4 \text{ mag/arcsec}^2$ ) y otro de *redshift* ( $z < 0.045$ ), a los 92 grupos del catálogo que tienen galaxias con *redshift* concordante. De las 282 galaxias de la muestra completa hemos obtenido espectros ópticos de resolución intermedia para 199 galaxias usando cuatro telescopios. Hemos encontrado información para 9 galaxias más en dos Archivos y hemos tomado las relaciones de líneas de 61 galaxias en la bibliografía.

Como resultado del análisis se han encontrado emisiones en 168 (62 %) de las 269 galaxias de las que tenemos información espectral. Aplicando el criterio de clasificación nuclear explicado en el Capítulo 4 y similar al de Kewley et al. (2006) y Stasińska et al. (2006), obtenemos:

78 AGNs, 36 TOs y 54 SFN.

Teniendo en cuenta que los TOs son objetos que contienen un AGN podemos decir que un 68 % de las galaxias que muestran líneas de emisión albergan un AGN y que los AGNs son de baja luminosidad con  $L(\text{H}\alpha) < 10^{41} \text{ erg/s}$ .

En cuanto a las propiedades de las galaxias hemos visto que los AGNs se encuentran en galaxias más tempranas, como ya se había encontrado en otros entornos, mientras que los SFN se sitúan en galaxias más tardías. Las galaxias sin emisión también se sitúan en tipos muy tempranos y los TOs están en tipos intermedios. Independientemente de la morfología de la galaxia anfitriona, las galaxias que albergan un AGN son más brillantes que las que albergan SFN pero esto se debe precisamente a la presencia del AGN y no a la luminosidad intrínseca de la galaxia. Hemos confirmado que los TOs no se encuentran, en esta muestra, en galaxias más inclinadas como sugería HFS97a. Además parece que en esta muestra las galaxias que albergan actividad AGN tienen el doble de barras que las galaxias que albergan otro tipo de actividad especialmente SFN.

Por otro lado los grupos dominados por AGNs tienen dispersión de velocidades, masa virial, luminosidad, y  $R_p$  mayor que los grupos dominados por SFN. Además los tripletes tienen porcentajes ligeramente mayores de emisiones que los multipletes pero el mismo porcentaje de AGNs dentro de las galaxias que muestran algún tipo de actividad nuclear.



## Capítulo 6

# RESULTADOS OBTENIDOS SOBRE LA MUESTRA DE UZC-CG

Como acabamos de ver en el capítulo anterior, los AGNs de baja luminosidad son el tipo de actividad más frecuente en los grupos compactos de Hickson. Puesto que su identificación se hizo inicialmente sin saber la distancia a la que se encontraban sus galaxias, se impuso que el número de galaxias miembro fuera mayor o igual que cuatro para evitar tripletes y desechar así posibles "falsos grupos". En contraste, la muestra de grupos del UZC-CG se obtuvo a partir de un catálogo con información en  $z$  y a diferencia de los HCGs, están próximos no solo en el plano sino también en dirección radial, evitando galaxias en el fondo y obteniendo un catálogo completo en tripletes. El UZC-CG contiene 291 grupos con un total de 986 galaxias. El 76 % de estos grupos son tripletes y esto les diferencia en gran medida de los grupos compactos de Hickson que acabamos de estudiar con un 18 %. Las características principales de estos grupos se encuentran en Focardi & Kelm (2002). En este primer trabajo de identificación de los grupos, las autoras hicieron un pequeño inciso sobre el porcentaje de galaxias con algún tipo de actividad nuclear. Para ello usaron la clasificación de Falcó, que simplemente reconoce galaxias con líneas de absorción (A), galaxias con líneas de absorción y emisión (B) y galaxias en cuyos espectros solo se detectan líneas de emisión (E). Siguiendo esta línea, Kelm et al. (2004a) en otro trabajo sobre el catálogo restringieron la muestra a 192 grupos entre 2500km/s y 7500km/s y la confrontaron con varios catálogos de AGNs como el de Véron-Cetty & Véron (2001); Carrillo et al. (1999) y la base de datos astronómica NED. Encontraron solamente 17 Seyfert y 17 LINERs, un porcentaje extremadamente pequeño que como veremos en este capítulo no coincide con las proporciones que encontramos tras el estudio espectroscópico detallado de una muestra completa de estos grupos. Ese número tan pequeño de AGNs encontrado en ese trabajo no se debe a que en estos entornos haya un bajo porcentaje de núcleos activos sino a que estos entornos no han sido estudiados

ampliamente en cuanto a actividad nuclear se refiere. Por eso, como parte de esta tesis, se ha realizado un estudio exhaustivo de la presencia y tipo de actividad nuclear en el UZC-CG usando datos de archivo correspondientes a espectros ópticos de resolución intermedia.

## 6.1. Análisis espectral

Tras la selección realizada en el capítulo 2, la muestra con información espectroscópica de todas las galaxias miembro está compuesta por 215 grupos que contienen 720 galaxias (tablas 2.9 y 2.10 del capítulo 2). También allí se encuentran recogidas, en la tabla 2.11, todas las galaxias de la muestra y sus propiedades como el tipo morfológico, magnitud, velocidad radial, los espectros disponibles y la presencia de líneas de emisión.

Con la búsqueda individual en todos los espectros de presencia de emisiones, se realizó un estudio comparativo en los tres archivos con el que concluimos, apartado 4.4.2, que las medidas de los cocientes de líneas eran equivalentes, aunque la eficiencia en la detección de emisiones era menor en el archivo Z-Machine por lo que se priorizaban por orden los espectros de SDSS, FAST y Z-Machine. En la tabla 4.9 están recogidas las medidas de las anchuras equivalentes de las líneas en emisión para cada galaxia.

Para la muestra del UZC encontramos que el 68% de las galaxias (488/720) tienen líneas de emisión, similar al encontrado para los HCG (xx%). En la tabla 6.1 se da para cada galaxia, en la columna 2 el archivo finalmente utilizado para las medidas, la señal a ruido en el continuo en la columna 3, de las columnas 4 a 7 los cocientes medidos de las líneas [OIII]/H $\beta$ , [OI]/H $\alpha$ , [NII]/H $\alpha$  y [SII]/H $\alpha$  respectivamente y en la columna 8 la clasificación espectral nuclear asignada, que explicamos a continuación. Se han incluido también en esta tabla las

### 6.1.1. Clasificación nuclear

Como ya hemos explicado en la sección 4.2, la clasificación nuclear la basamos en el diagrama-[NII]. De las 488 galaxias con emisiones, más de la mitad (55%, 268) de las galaxias en esta muestra tienen medidas para al menos tres de las líneas de emisión relevantes ([OIII], H $\alpha$ , [NII]) y por lo tanto se pueden representar en el diagrama-[NII]. Para 157 galaxias (32%) se detectan al menos dos líneas y en 140, estas dos líneas son [NII] y H $\alpha$  por lo que se clasificarán espectralmente atendiendo al criterio [NII]/H $\alpha$ . Para el resto de la muestra, el 13%, solo detectamos una línea en emisión que salvo en seis casos, que es H $\alpha$ , se trata de [NII]6583 Å.

Para hacer la clasificación de las galaxias no se ha impuesto ninguna restricción en la señal a ruido del continuo, al igual que en la muestra de HCGs, porque como ya se explicó, haciendo restricciones en la S/N la distribución de la clasificación no cambia pero se reduce la proporción de objetos en la parte derecha del diagrama donde están situados

los AGNs y en particular los LLAGNs. La única restricción impuesta para considerar una línea en emisión válida es que estuviera a más de 3 sigmas del continuo.

Para mayor claridad distinguimos ahora entre lo que llamamos clasificación basada en al menos 4 líneas principales (es decir que se pueden representar en el diagrama-[NII]) y la basada en al menos dos líneas cuya clasificación se hace atendiendo sólo al cociente  $[NII]/H\alpha$ .

### Galaxias con al menos 4 líneas en emisión

De las 268 galaxias que dado que tienen información en las cuatro líneas y podemos situadas en el diagrama-[NII], 233 pueden representarse también en el diagrama-[SII]. La Figura 6.1a muestra la localización de las galaxias con las cuatro líneas, donde las aspas corresponden a los SFNs, por debajo de la secuencia de Ka03 (línea continua azul), los círculos a los AGNs puros, por encima de la secuencia de Ke01 (línea amarilla) y los cuadrados rellenos a los TOs, entre ambas secuencias. En la Figura 6.1b están representadas en el diagrama-[SII] las galaxias que tienen también medida al menos una línea de [SII] además de  $H\beta$ , [OIII],  $H\alpha$  y [NII]. En este diagrama comprobamos que todos los objetos clasificados como AGNs puros según el diagrama-[NII] mantienen su clasificación de AGN en el diagrama-[SII]. De la misma manera, todos los objetos clasificados como SFN según el diagrama-[NII] mantienen su clasificación en el diagrama-[SII] y los TOs según el diagrama-[NII] se reparte por todo el diagrama-[SII]. Al igual que hicimos con la muestra de HCGs, los TOs situados en la zona de los AGNs en el diagrama-[SII] se clasifican como TO/AGN puesto que en estos objetos la componente AGN es más importante que la de formación estelar. En 12 de las 233 galaxias en el diagrama-[SII], sólo se detecta la primera línea de [SII](6717Å). En estos casos para calcular el cociente  $[SII](6717 \text{ \AA} + 6731 \text{ \AA})/H\alpha$  consideramos que la segunda línea es 0.72 veces la primera como explicamos en el capítulo anterior.

En 49 galaxias de las 268 galaxias se pudo medir además de  $H\alpha$ , [NII] y/o las líneas de azufre, el [OIII]5007 Å pero no la línea de  $H\beta$ . En estos casos se puede utilizar la línea de  $H\alpha$  para calcular  $H\beta$  usando la relación entre ambas. El cociente entre estas dos líneas, si no hubiera enrojecimiento, sería de 3.1 para AGNs y 2.85 para SFN. Como no hemos corregido de la extinción, este cociente será mayor. Si usáramos 3.1 o 2.85 estaríamos sobrestimando el valor de  $H\beta$  y por lo tanto obteniendo un límite inferior del cociente  $[OIII]/H\beta$ . Para buscar un cociente  $H\alpha/H\beta$  más realista hemos utilizado los objetos que tienen las cuatro líneas principales medidas. Para aquellos que están debajo de la curva de Ka03, esto es SFN, se obtiene un valor mediano el cociente  $H\alpha/H\beta$  de 4.5 y para aquellos que están por encima de Ke01, es decir puros AGNs, la mediana de la relación  $H\alpha/H\beta$  es de 6.85. Por otro lado para determinar en qué objetos usaremos 4.5 y en cuales 6.85, hemos utilizado el valor del  $\log([NII]/H\alpha)$ . Si este valor es menor de -0.35 entonces consideramos las galaxias como SFN y aplicamos  $H\alpha/H\beta=4.5$ . Si  $\log([NII]/H\alpha)$  es mayor o igual que -0.35, entonces

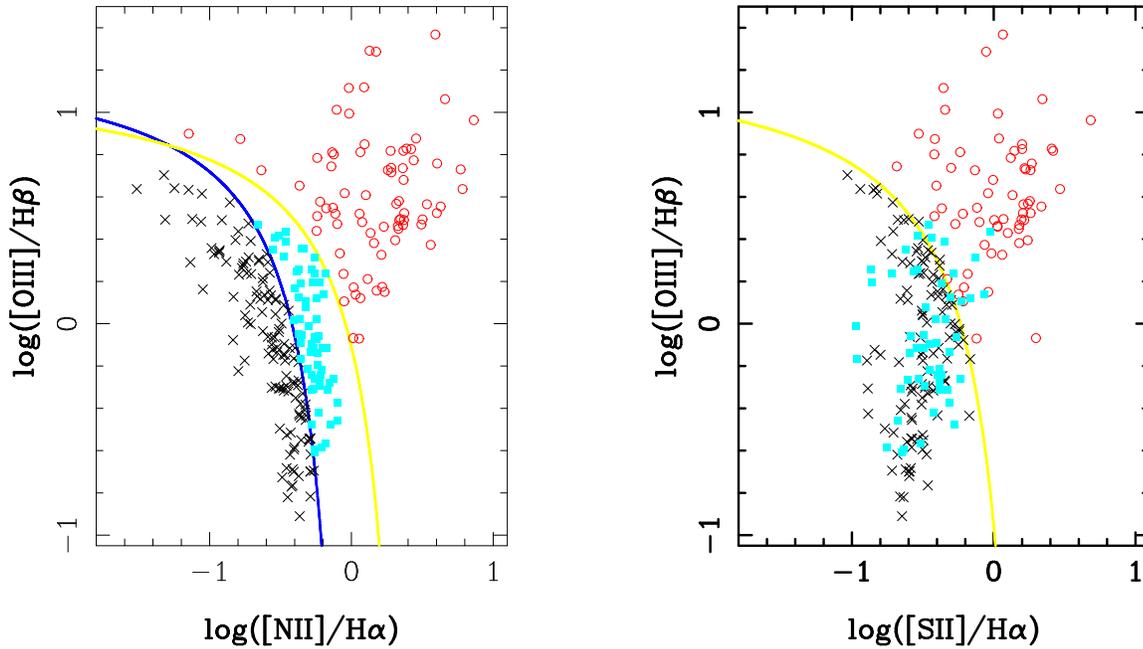


Figura 6.1: En la Figura de la izquierda se muestra el diagrama-[NII] con las 268 galaxias que tienen información para al menos las cuatro líneas principales. La línea continua azul corresponden a la secuencia de Ka03 y la línea amarilla a la secuencia de Ke01. En la Figura de la derecha se muestra el diagrama-[SII], en este caso hay 232 galaxias con información también de las líneas de azufre. En ambas figuras las cruces representan los SFNs, los círculos a AGNs y los cuadrados a los objetos de transición.

se considera que tienen AGN y por lo tanto usamos  $H\alpha/H\beta=6.85$ .

Atendiendo a los criterios de clasificación descritos en el capítulo 4 (sección 4.2) encontramos 128 SFNs, 55 AGNs puros y 86 TOs.

En 94 galaxias de las 268 con las cuatro líneas, a su vez se detecta con buena señal a ruido el  $[OI]6300\text{\AA}$ . La mayoría de los espectros donde se detecta esta línea son del SDSS-DR4. En la figura 6.2 se muestra el diagrama-OI para estas galaxias con la clasificación obtenida del diagrama-[NII]. Todas las galaxias clasificadas como SFN según el diagrama-[NII] están en la zona de formación estelar y todas las clasificadas como AGN están en la zona de AGN. Al igual que en el diagrama-[SII], los TOs que en el diagrama-[OI] caen en la zona AGN los hemos clasificado como TO/AGN.

Considerando los TO/AGNs dentro del cómputo de los AGNs, encontramos que sobre las 268 galaxias con medidas para las cuatro líneas 128 son SFNs, 54 son TOs y 86 AGNs puros. Para estas galaxias es posible hacer una clasificación con más detalle acerca de su actividad y clasificarlas como tipo Seyfert o LINER. Para ello es necesario utilizar criterios complementarios que también hacen uso de los diagramas de diagnóstico, como mostramos

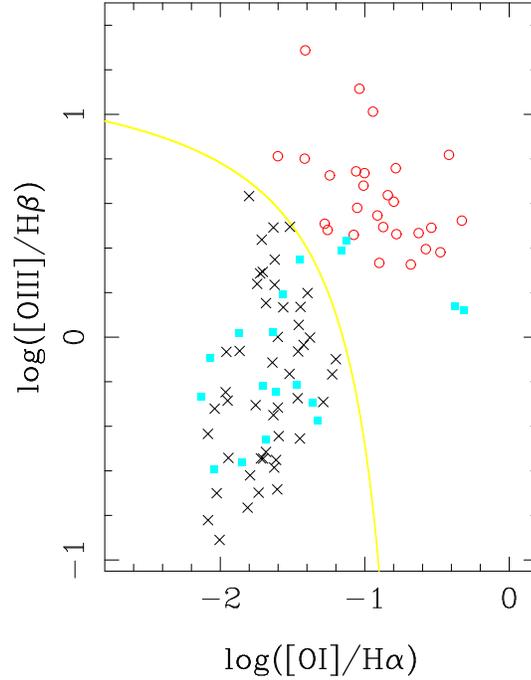


Figura 6.2: Diagrama-[OI] donde se representa las 94 galaxias de la muestra con información de [OI]. La línea de separación amarilla corresponde a la secuencia de Ke01. Ver explicación de los símbolos en Fig. 6.1.

en el capítulo de métodos de análisis. Usando varios de estos criterios, en particular los esquemas de (Ho et al. 1997b; Veron et al. 1997; Kauffmann et al. 2003; Kewley et al. 2006), tanto en el diagrama-[NII] como en el diagrama-[SII], obtenemos que la mayoría, entre un 60 % y un 70 %, de nuestros AGNs puros serían LINERs.

### Galaxias clasificadas con el criterio $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$

Después de clasificar todas las galaxias con las cuatro líneas principales detectadas, pasamos a clasificar aquellos en los que básicamente sólo disponemos del cociente  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$  independientemente de si se detecta  $\text{H}\beta$  o los azufres [SII]. Para estas 140 galaxias la clasificación viene dada de la siguiente manera:

- 36 objetos con  $\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha) \leq -0.4$  se clasifican como SFN,
- 53 objetos con  $\log([\text{NII}]/\text{H}\alpha) > -0.1$  son AGNs puros y
- 51 con  $-0.4 < \log([\text{NII}]/\text{H}\alpha) \leq -0.1$  corresponden a TOs.

Para estas últimas 51 galaxias, se ha intentado hacer una reclasificación más fina como SFN o AGNs usando el resto de la información contenida en los espectros.

Entre ellas hay galaxias donde además de [NII] y  $H\alpha$  se detecta  $H\beta$  pero no [OIII]. Éstas sólo pueden clasificarse como SFN o TO pero nunca como AGNs. Si [OIII] no se detecta y hay medida de  $H\beta$ , es porque [OIII] tendrá una intensidad muy inferior a  $H\beta$  y por lo tanto que el cociente [OIII]/ $H\beta$  es siempre menor de 1 y su logaritmo menor que cero. Si nos fijamos en el diagrama-[NII] de la Figura 6.1, aquellos puntos comprendidos entre  $-0.22 < \log(\text{NII}/H\alpha) \leq -0.1$  sólo pueden ser TOs. Para los objetos en que este cociente está entre  $-0.4$  y  $-0.22$  se ha procedido de la siguiente manera: situamos la galaxia en el diagrama-[NII] según el valor del  $\log([\text{NII}]/H\alpha)$  y se estudia el valor que tendría que tener [OIII] para que el  $\log([\text{OIII}]/H\beta)$  estuviera por encima de la curva Ka03, es decir, que no fuera SFN. Si este valor es tan grande que deberíamos haber detectado [OIII], entonces es que el [OIII] es menor y por lo tanto el punto está situado en la zona de SFN. Esto sucede en tres objetos, que hemos clasificado finalmente como TO/SFN (UZC-CG101a, UZC-CG101b, UZC-CG140a). Para el resto se mantiene su clasificación de TO.

Para los casos en los que no se detecta  $H\beta$  sino sólo [NII]/ $H\alpha$  y las líneas de [SII], en tres galaxias (UZC-CG5d, UZC-CG50e, UZC-CG204c), el cociente [SII](6717Å+6731 Å)/ $H\alpha$  y la forma del continuo inducen a pensar en una clasificación unívoca de AGN por lo que estas tres galaxias se clasifican como TO/AGN.

El recuento final para las 140 galaxias con al menos [NII] y  $H\alpha$  es de 36 SFNs, 3 TO/SFNs, 45 TOs, 3 TO/AGNs y 53 AGNs.

### Galaxias con sólo una línea en emisión

Como ya vimos en el capítulo anterior, este apartado están aquellos espectros en los que se detecta o bien sólo una línea generalmente intensa de  $H\alpha$  y donde las líneas de [NII] están en el ruido, lo que hace imposible ajustar la gaussiana con las líneas de [NII], o bien se detecta sólo la línea de [NII] sobre el continuo porque  $H\alpha$  es muy débil y está dentro de la componente de absorción. En las galaxias de los HCGs, este último caso sólo aparecía una vez, puesto que al realizar la sustracción de la componente estelar en todos estos objetos aparecería  $H\alpha$ . En las galaxias del UZC-CG, como no hemos sustraído la componente estelar, tenemos 73 galaxias donde sólo detectamos la línea de [NII]6563 Å. En este tipo de galaxias (que han sido clasificadas previamente por otros autores como AGNs) la débil emisión de  $H\alpha$  proveniente del núcleo se diluye con las absorciones debidas a la fuerte población estelar subyacente. Ya vimos que cualquier galaxia con estos rasgos espectroscópicos alberga un AGN de baja luminosidad y su clasificación no cambiaría después de la sustracción de la componente estelar.

Finalmente hay 6 galaxias que no pueden ser clasificadas con ninguno de los criterios anteriores. No muestran emisión en [NII] sino que solo se detecta  $H\alpha$ . En tres casos se detecta también [OIII] aunque no muy intensa y en un caso las líneas de [SII]. Todas se han clasificado como SFN.

En el caso de la galaxia UZC-CG30b, no disponemos de espectro en los archivos pero hay información de las intensidades de las líneas y tomamos su clasificación de la bibliografía.

Finalmente, del total de las 488 galaxias con líneas de emisión clasificamos 173 (36 %) como SFNs, 215 (44 %) como AGNs y 99 (20 %) como Objeto de Transición.

Como ya hemos mencionado, los TOs se consideran objetos compuestos en los que existe un AGN pero su espectro está diluido por formación estelar circumnuclear. Si juntamos los AGNs puros y los objetos de transición encontramos que un 64 % de las galaxias con emisión albergan un AGN. Si tenemos en cuenta no sólo las galaxias con emisiones sino todas las galaxias de la muestra (720) entonces los AGNs representan un 44 % de la muestra frente a un 24 % de SFN y un 32 % de no emisiones.

En la Figura 6.3 se muestran varios ejemplos de galaxias clasificadas como SFN. Son inconfundibles sus intensas líneas, sobre todo de  $H\alpha$  y  $H\beta$  y su débil continuo estelar y en no se aprecian diferencias entre los espectros de FAST, Z-Machine o SDSS. En la figura 6.4 se muestran algunos espectros de galaxias que hemos clasificado como Objetos de Transición. En estos espectros nucleares, la componente estelar empieza a cobrar importancia y las líneas en emisión ya no son tan intensa. En la Figura 6.5 se muestran a su vez algunos ejemplos de espectros típicos de AGNs. Los hay en los que sólo se detecta el [NII] (UZC-CG77a), en los que también se detecta  $H\alpha$  y otras líneas aunque débiles (UZC-CG95a), con todas las líneas detectadas claramente (UZC-CG74b, UZC-CG227b) y aquellos con líneas intensas de [OIII] características de las galaxias Seyfert (UZC-CG94b, UZC-CG127a).

### 6.1.2. Efecto de la apertura

Los espectros aquí analizados han sido tomados con una apertura relativamente grande (3 segundo de arco) que implica una importante contribución de la galaxia al espectro nuclear. A medida que aumenta  $z$ , la cantidad de galaxia dentro de la apertura es mayor. Es importante por tanto estudiar el efecto que esto puede tener en la clasificación espectral, en particular en las galaxias clasificadas como TOs. Este efecto puede hacer la detección de las emisiones centrales más difícil aumentando la posibilidad de una clasificación errónea. En la figura 6.6 mostramos la fracción de galaxias con los distintos tipos de actividad, NoE (triángulos negros), AGNs (círculos rojos), TOs (cuadrados violetas) y SFN (cruces verdes) en función de la velocidad radial. Como era de esperar, debido al rango limitado de  $z$ , no existe ninguna tendencia en los objetos de transición, es decir que el porcentaje de TOs permanece constante con la distancia, con un valor alrededor del 15 %. Esto quiere decir que nuestros objetos de transición no son galaxias mal clasificadas sino que en efecto son AGNs con una zona de formación estelar circumnuclear o mucha población intermedia alrededor y muy cerca del núcleo como ya explican varios trabajos (Cid Fernandes et al. 2001; Ho 2008). Por su parte, salvo los dos primeros intervalos de  $z$ , la fracción de SFN y AGNs se mantiene constante a medida que aumentamos la distancia. En el Universo más cercano (v

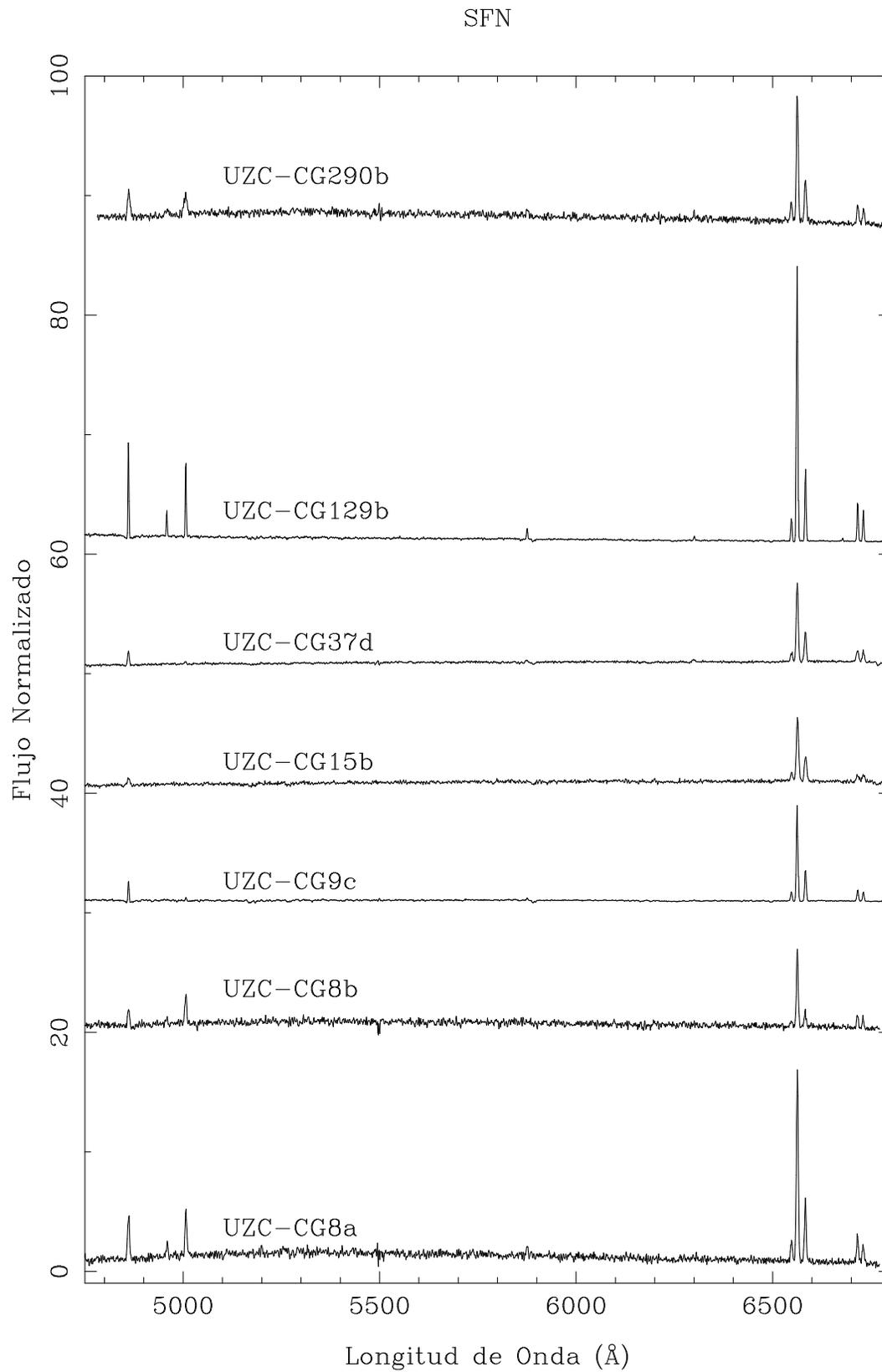


Figura 6.3: Espectros nucleares típicos en SFN

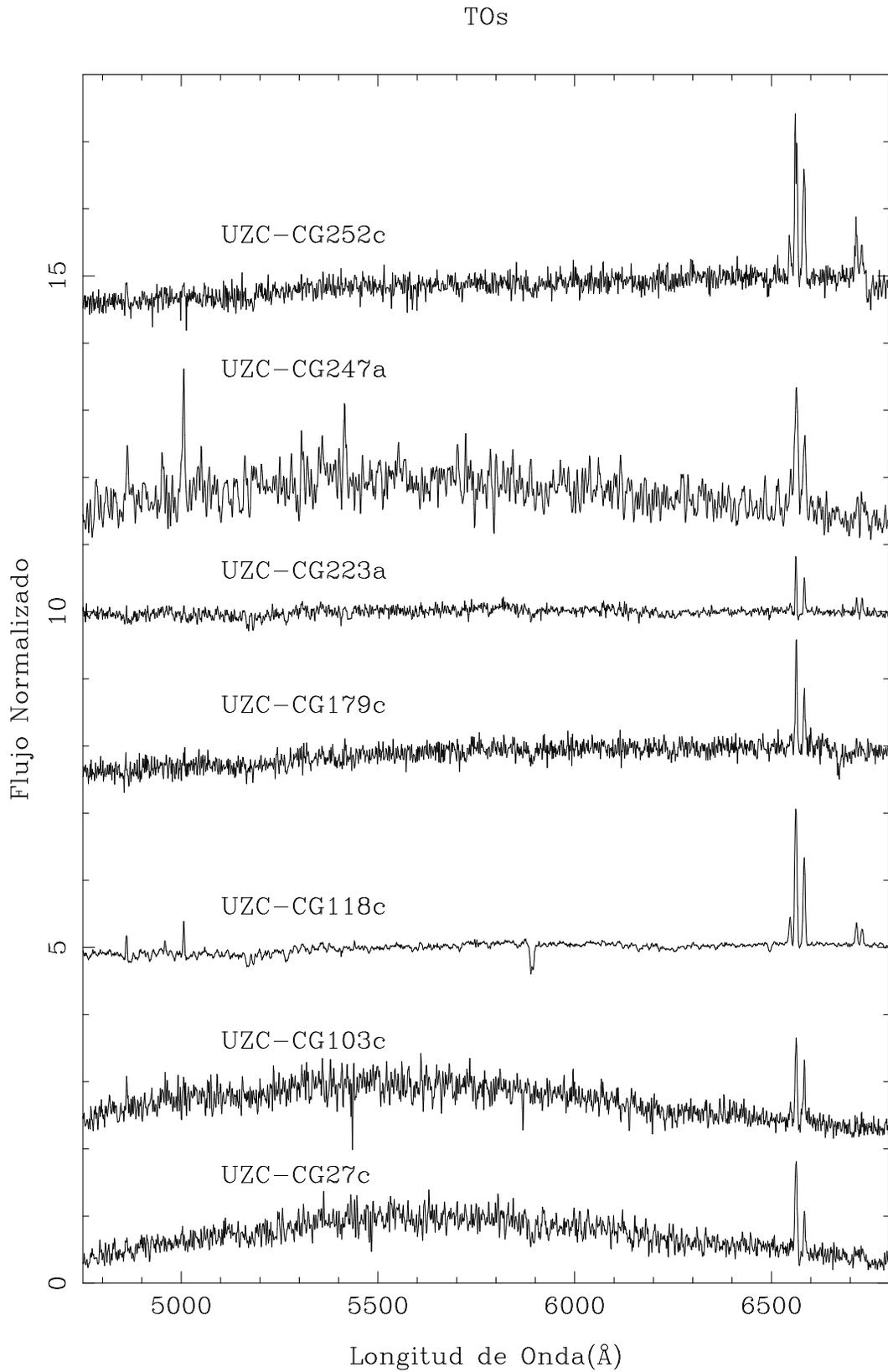


Figura 6.4: Espectros nucleares típicos de Objetos de Transición

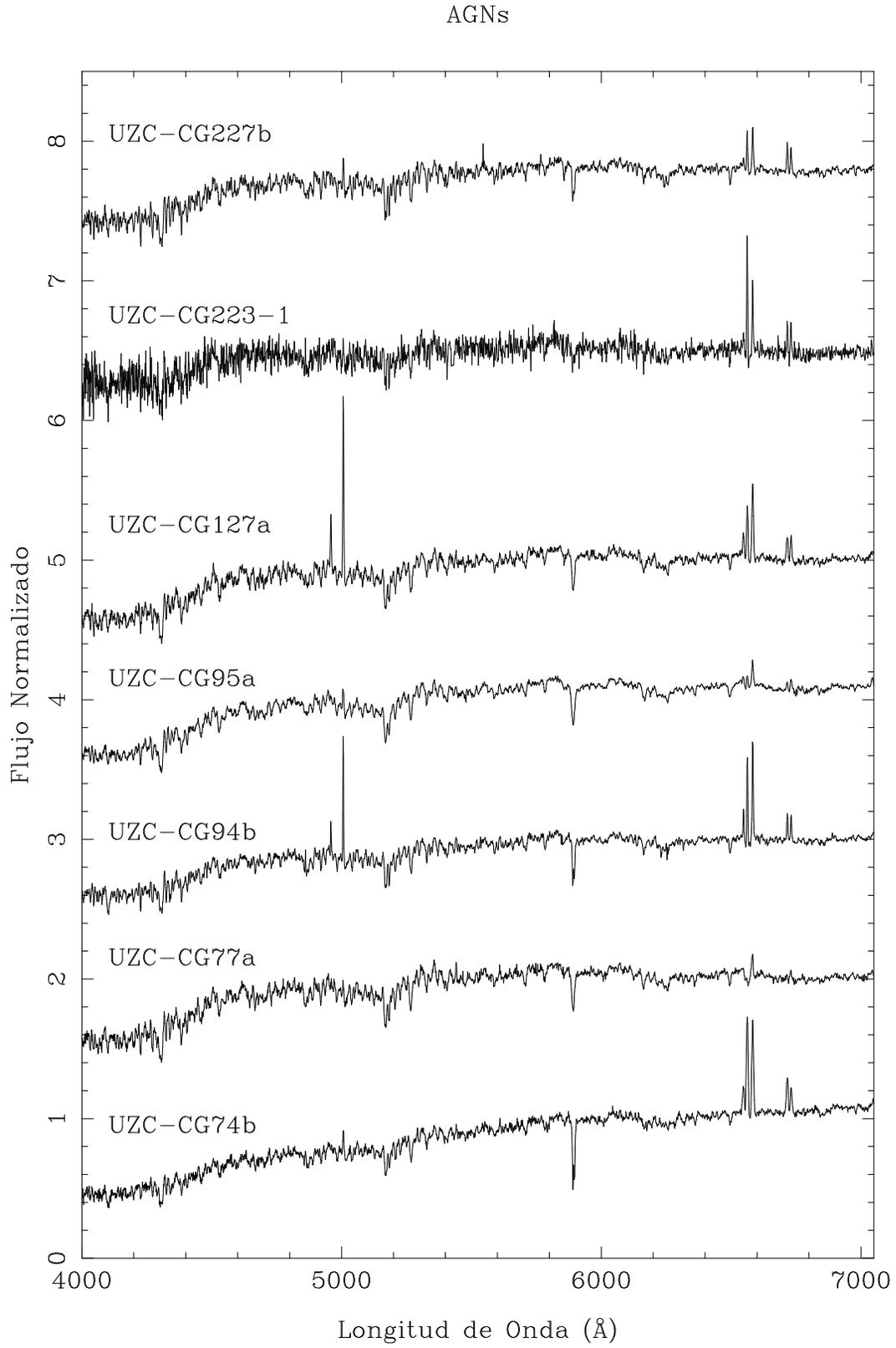


Figura 6.5: Espectros nucleares típicos de distintos tipos de AGNs

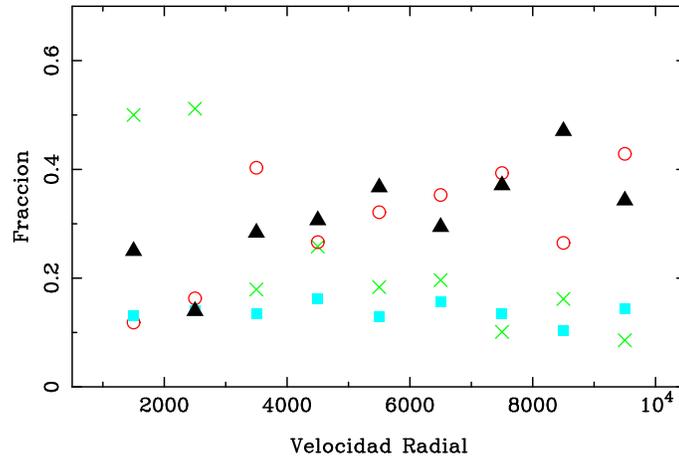


Figura 6.6: En esta gráfica representamos como cambia la fracción del tipo de actividad a medida que observamos galaxias más lejanas. Las cruces corresponden a los SFNs, los círculos a los AGNs, los cuadrados a los TOs y los triángulos a las galaxias sin emisión Noe.

$< 2500\text{km/s}$ ) se encuentra una población diferente de galaxias como ya mencionó Focardi & Kelm en el 2002 donde domina la formación estelar.

De la figura 6.6 también se ve que hay una ligera tendencia de las galaxias sin emisión a aumentar porcentualmente a medida que aumentamos  $z$ , sobre todo en los dos últimos intervalos. Esto es comprensible puesto que a medida que observamos galaxias más alejadas cada vez contribuye más la galaxia subyacente en el espectro y eso puede hacer que emisiones débiles del núcleo no se vean al sumar la contribución de la galaxia.

### 6.1.3. Comparación con la bibliografía

De las 720 galaxias de la muestra, en 59 la actividad nuclear ha sido previamente clasificada en la bibliografía. Las clasificaciones se han tomado de NED y de las referencias allí citadas.

De estas 58 galaxias, 36 (60%), tienen exactamente la misma clasificación en la bibliografía y en este trabajo, es decir, galaxias clasificadas por nosotros como AGNs puros, en la bibliografía aparecen como LINERs, Seyferts o simplemente AGNs y galaxias clasificadas por nosotros como SFN aparecen en la bibliografía de la misma forma (Starburst, SFNs o HII).

Para 17 galaxias que nosotros clasificamos como TOs en base a las relaciones de líneas, es decir entre Ke01 y Ka03, 5 están clasificadas en NED como SFN y 12 como AGNs. Para 15 de estos objetos existen datos publicados en la bibliografía de los cocientes de la línea en emisión. En 13 se cumple que la diferencia es única y exclusivamente de nomenclatura ya que con los valores publicados y aplicando nuestros criterios de clasificación, todas las galaxias pasan a ser Tos. D hecho estos autores (Kim et al. 1995; Shimada et al. 2000; Jansen et al.

2000; Kewley et al. 2001a; Hao et al. 2005) no clasifican ningún objeto como TO. Aunque la clasificación de TO ya existía desde su introducción inicialmente por HFS97 y Veron-Cetty & Veron (1997), no se ha empezado a utilizar masivamente hasta la llegada del cartografiado Sloan (p.e. Kewley et al. 2006). En los dos casos restantes, UZC-CG134b y UZC-221d, la diferente clasificación se debe a la diferencia de valores medidos en las relaciones de líneas entre la bibliografía y nuestros datos. Para UZC-CG134b estamos hablando de espectros diferentes, el de NED tomado de Kewley et al. (2001a) y el nuestro no corresponden a la misma zona de la galaxia porque son demasiado diferentes. Para UZC-221d nosotros lo clasificamos como TO esta galaxia incluso después de quitarle la componente estelar mientras que HFS97, después de la sustracción de los *templates*, este objeto pasa a ser SFN.

Las dos galaxias que quedan de las 17 clasificadas como TOs según nuestros criterios, no tienen publicados los datos de líneas en la bibliografía para aplicar nuestros criterios, aunque su clasificación es concordante con la nuestra. UZC-CG23c aparece como AGN (Huchra et al. 1982), compatible con nuestra clasificación de TO con nuestro espectro Z-Machine. UZC-CG112c, aunque clasificada en NED como HII, el espectro publicado por Veron-Cetty & Veron (1986) y la relación de líneas publicada de  $[\text{NII}]/\text{H}\alpha \sim 0.5$ , la sitúan en la zona de los TOs.

En cuatro galaxias los espectros de que disponemos, de Z-Machine, no muestran emisiones por encima de  $3\sigma$  aunque en NED están clasificados como AGNs. Las galaxias son: UZC-CG138a, UZC-CG153a, UZC-CG240c y UZC-CG257c. Para la primera, que corresponde a HCG51b, su clasificación en NED proviene de Shimada et al. (2000), que detecta sólo  $[\text{NII}]$  a menos de  $2\sigma$ . Esta galaxia pertenece también a nuestra muestra de los Hickson y en los dos espectros disponibles detectamos emisión en  $[\text{NII}]$  y  $\text{H}\alpha$  y está clasificada como AGN. Es un ejemplo de la menor eficiencia de Z-Machine en la detección de emisiones y que se acentúa para los LLAGNs. La clasificación las tres restantes provienen de HFS97. La segunda, UZC-CG153a, clasificada como L2:, con un error en las medidas de las líneas de un 100%. Para UZC-CG240c, HFS97 detectan líneas débiles a menos de  $3\sigma$  y la clasifican como LINER, por lo que la emisión se podría también haber perdido en el espectro de Z-Machine. Por ultimo para UZC-CG257c, HFS97 muestran dos espectros con alta S/N pero muy diferentes en el azul y en el rojo, con sólo líneas de emisión muy prominentes en el rojo que dado que el espectro de Z-Machine tiene suficiente S/N deberían ser visibles por lo que la explicación más plausible es que se trate de diferentes galaxias.

Las dos galaxias restantes han sido clasificadas como AGN por nosotros y como SFN en la bibliografía. En el caso de UZC-CG5e Gallego et al. (1996) usando el esquema propuesto por Salzer et al. (1989), la clasifican como SFN. Sin embargo utilizando sus intensidades de líneas nosotros lo clasificaríamos como AGN, que coincide con la clasificación de nuestros espectros. La otra galaxia, UZC-CG230a ha sido clasificada en NED según el espectro integrado obtenido por Jansen et al. (2000), sin embargo tomando las propias intensidades y relaciones de líneas que aparecen en la misma referencia para el espectro del núcleo, se

Tabla 6.2: Distribución de Morfología y Actividad

Tipo de Hubble	Tot		Abs		AGN			TO			SFN		
	N	P	N	Pt	N	Pt	Pe	N	Pt	Pe	N	Pt	Pe
E [-6,-3)	71	9.9	45	63.4	25	35.2	96.1	0	0	0	1	1.4	3.9
SO [-3,0)	173	24.0	97	56.0	55	31.8	72.4	6	3.5	7.9	15	8.7	19.7
SOa-Sab [0,3)	213	29.6	73	34.3	75	35.2	53.6	35	16.4	25.0	30	14.1	21.4
Sb-Sbc [3,5)	184	25.5	16	8.7	54	29.3	32.2	37	20.1	22.0	77	41.9	45.8
Sc-Scd [5,8)	67	9.3	1	1.5	7	10.4	10.6	20	29.9	30.3	39	58.2	59.1
Sd-Sdm [8,9)	5	0.7	0	0	0	0	0	1	20	20	4	80	80
Sm-Im ( $\geq 9$ )	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	100	100

situaría en la zona de AGNs

En total, de las 59 galaxias, 53 (90%) tendrían la misma clasificación usando nuestros criterios y si no consideramos las tres galaxias de Z-Machine sin emisiones este porcentaje aumentaría a un 97%.

## 6.2. La galaxia anfitriona

En esta sección examinamos la relación entre las características espectroscópicas del núcleo de la galaxia y las propiedades globales de la galaxia anfitriona, a través del estudio de las distribuciones en morfología, velocidad radial o magnitud absoluta.

En la tabla 6.2 se muestra la distribución de las galaxias de la muestra por tipo morfológico y por grado de actividad nuclear. La morfología de las galaxias se ha obtenido de la base de datos hyperleda y la hemos dividido en 7 intervalos (columna 1) donde el tipo y los números asignados a cada uno de ellos corresponde a la nomenclatura de *de Vaucouleurs* (Referencia RC3). A su vez el tipo de actividad se divide en: a) galaxias pasivas con sólo líneas de absorción (NoE) y galaxias con emisiones o con algún grado de actividad. Entre éstas últimas se distinguen en función de la actividad en AGN, TO y SFN. La columna 2 contiene el número (N) de galaxias por cada intervalo de morfología y la columna 3 (P) el porcentaje de galaxias de dicha morfología en ese intervalo respecto al número total de galaxias de la muestra. Las galaxias elípticas, indicado por una E y que corresponde a los tipos comprendidos entre -6 y -3 de la escala morfológica de *de Vaucouleurs*, representan el 10% de la muestra mientras que las lenticulares (S0;  $-3 \leq T \leq 0$ ) ascienden a un 24%. Dividimos las espirales en cuatro intervalos de morfología, los dos primeros corresponden a las espirales tempranas (S0a-Sab y Sb-Sbc,  $0 \leq T < 5$ ), que representan el 55% de la muestra, y los dos últimos, con el 10%, a las espirales tardías (Sc-Scd, Sd-Sdm,  $5 \leq T < 9$ ). El 1% restante corresponde a las galaxias irregulares (I,T $\geq 9$ ).

Hay que destacar que si comparamos con otras muestras, tenemos un déficit de espirales tardías. Por ejemplo, esta muestra contiene un 11 % de galaxias espirales tardías ( $> \text{Sbc}$ ) mientras que en el otro catálogo de grupos compactos estudiado en esta tesis el porcentaje de espirales tardías es de 27 % y en la muestra de HFS97, para galaxias en el campo o en grupos dispersos y en el cúmulo de Virgo, asciende a un 32 %. Si tomamos los tipos más tardíos ( $> \text{Scd}$ ) entonces las diferencias aumentan. En esta muestra tendríamos un 1.7 %, en la muestra de los Hickson un 12 % y en la de HFS97 un 10 %. Mientras que los grupos compactos de Hickson mostraban un exceso de galaxias tempranas (50 % E-SO frente a un 34 % en la muestra de UZC-CG y un 30 % en HFS97) en esta muestra tenemos un exceso de espirales tempranas, 55 % frente a un 23 % en los HCGs y un 37 % en la muestra de HFS97. Estas diferencias en las distribuciones morfológicas pueden producir diferencias en los porcentajes y tipo de actividad nuclear.

En las columnas cuatro y cinco de la Tabla 6.2 se dan respectivamente el número (N) y porcentaje ( $P_t$ ) de las galaxias no activas para cada tipo morfológico. Comparando con el total, el 68 % de las galaxias muestran algún tipo de emisión. Esta tasa de emisión aumenta hasta 94 % si consideramos galaxias Sb y más tardías ( $T \geq 3$ ) y es de un 37 % en elípticas y 44 % en galaxias lenticulares (SO).

De la columna 6 a la 14 mostramos la distribución morfológica para cada clasificación espectroscópica nuclear donde N representa el número de objetos por intervalo de morfología y actividad;  $P_t$  el porcentaje sobre el número total de galaxias en cada intervalo de morfología y  $P_e$  es el porcentaje sobre número de galaxias con emisiones para ese intervalo de morfología. Es decir que la suma de  $P_{t(AGN)} + P_{t(TO)} + P_{t(SFN)} + P_{t(Abs)} = 100$  y corresponde a la muestra total de galaxias en ese intervalo de morfología y la suma  $P_{e(AGN)} + P_{e(TO)} + P_{e(SFN)}$  es 100 y corresponde a todas las galaxias en ese intervalo de morfología que tienen emisiones.

De análisis de las galaxias con emisiones, encontramos que en los tipos más tempranos la actividad dominante es AGN. El 72.4 % de actividad encontrada en galaxias lenticulares es tipo AGN frente a sólo un 19.7 % de formación estelar (el resto, el 8 %, son objetos de transición.). Para las elípticas este porcentaje aumenta hasta el 96 % puesto que no hay ninguna TO y sólo una galaxia ha sido clasificada como SFN (UZC-CG112a). En las espirales más tempranas (SOa-Sab), los AGNs continúan siendo el tipo de actividad dominante, el 53.6 % de las galaxias con emisión albergan un AGN puro mientras que sólo un 21 % tienen formación estelar nuclear. A medida que nos vamos hacia tipos morfológicos más tardíos, la formación estelar nuclear adquiere más importancia siendo ya en Sb-Sbc un 46 % de las galaxias activas y aumenta a un 100 % en galaxias irregulares. Los objetos de transición aparecen tímidamente en las galaxias lenticulares (8 % de las emisiones), aumentan hasta alcanzar su mayor contribución en galaxias Sc-Scd pero ya a partir de Sd sólo encontramos una galaxia (UZC-CG23b). Como resumen podemos decir que en esta muestra, al igual que se ha encontrado en la muestra de HCGs, las galaxias de tipos morfológicos tempranos con algún tipo de emisión están dominadas por AGNs mientras que las galaxias de tipos

Tabla 6.3: Propiedades de las galaxias en función de su tipo de actividad

Cla.	T		$V_r$		$M_B$	
	$V_{0-10000}$	$V_{2500-9500}$	$V_{0-10000}$	$V_{2500-9500}$	$V_{0-10000}$	$V_{2500-9500}$
Noe	-1.1(S0) $\pm$ 2.1	-0.9(S0) $\pm$ 2.1	5852 $\pm$ 1810	6191 $\pm$ 1502	-20.3 $\pm$ 0.7	-20.4 $\pm$ 0.6
AGN	1.1(Sa) $\pm$ 2.3	1.1(Sa) $\pm$ 2.3	5734 $\pm$ 1711	5815 $\pm$ 1451	-20.6 $\pm$ 0.7	-20.7 $\pm$ 0.6
TO	3.1(Sb) $\pm$ 1.6	3.1(Sb) $\pm$ 1.5	5408 $\pm$ 1809	5840 $\pm$ 1367	-20.2 $\pm$ 0.6	-20.3 $\pm$ 0.6
SFN	3.8(Sbc) $\pm$ 1.9	4.0(Sbc) $\pm$ 1.7	4350 $\pm$ 1936	5289 $\pm$ 1375	-19.7 $\pm$ 1.0	-20.1 $\pm$ 0.6

morfológicos más tardíos están dominados por formación estelar nuclear.

En la figura 6.2 se representan las distribuciones acumuladas de la morfología (a), la velocidad radial (b) y la magnitud absoluta (c) de las galaxias de la muestra para los diferentes tipos de actividad nuclear (NoE, AGN, TO, SFN). Los AGNs se representan con la línea punteada de color rojo, las galaxias con formación estelar nuclear en color verde, los objetos de transición en color azul y por último las galaxias sin emisiones con la línea continua negra. Para cada una de las distribuciones se ha calculado también el valor mediano y su desviación estándar de las distribuciones, que se detallan en la tabla 6.3, donde las columnas dos y tres corresponden al valor mediano de la morfología y su desviación típica para cada distribución, las columnas cuatro y cinco corresponden a las distribuciones de velocidad y las columnas seis y siete a las distribuciones de la magnitud absoluta.

Como vemos, la relación encontrada en la Tabla 6.2 entre el tipo de morfología y actividad de la galaxia anfitriona se aprecia más claramente en la Figura 6.2a y en la Tabla 6.3. Las galaxias pasivas están localizadas en tipos morfológicos más tempranos (S0) que las galaxias activas. Dentro de este último grupo, los AGNs están en tipos más tempranos que las galaxias con formación estelar nuclear o los objetos de transición. La morfología típica de los AGNs es Sa, mientras que para los objetos de transición es Sb y para los SFN es Sbc. Esto concuerda en líneas generales con otros resultados tanto en estudios previos en grupos compactos (Coziol et al. 1998, 2000) como en otros entornos (Moles et al. 1995).

Por lo que respecta a la luminosidad de las galaxias, de la Figura 6.2c y la Tabla 6.3, podemos afirmar que la distribución de AGNs es la más luminosa, con una mediana de -20.6 magnitudes. Mientras que los SFN son los más débiles ( $\langle M_B \rangle = -19.8$ ) y los objetos de transición y las galaxias sin emisiones están entre esos dos valores. Es importante remarcar que no sólo los valores medianos son distintos sino que las distribuciones son en todos los casos completamente diferentes. El test K-S da, por ejemplo, una probabilidad mayor del 99,999 % de que las distribuciones de luminosidad de AGNs y SFNs sean diferentes.

Hemos ha analizado también las distribuciones en velocidad en función del tipo de actividad. Como se ve en la Figura 6.2b y la tabla 6.3, existe una diferencia, respecto a las demás, en la distribución de velocidad de las galaxias clasificadas como SFN, que

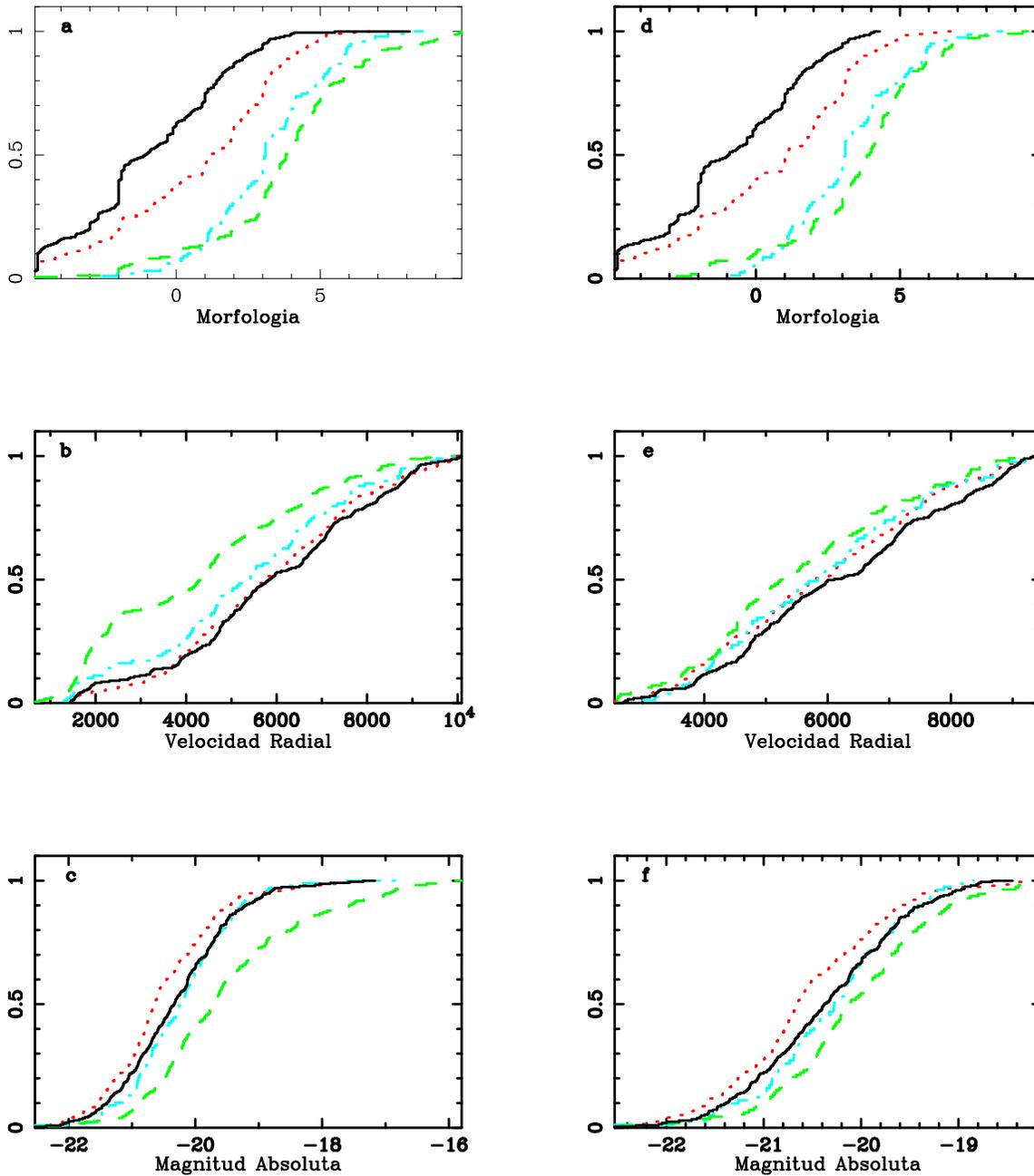


Figura 6.7: Funciones de distribución acumulada de la morfología, la velocidad y la magnitud absoluta de la galaxia anfitriona para cada tipo de clasificación nuclear. En la izquierda tenemos todas las galaxias y en el de la derecha hemos cortado en velocidad (2500-9500km/s) La línea continua representa a las galaxias sin emisiones, las líneas rayadas a los AGNs, las puntadas a los SFN y las que tienen rayas y puntos son objetos de transición.

muestra un exceso de galaxias en torno a 2500km/s debido fundamentalmente a las galaxias de Virgo. Eliminamos este efecto seleccionando las galaxias con velocidades mayores de 2500km/s. También hemos quitado las galaxias más alejadas para mantener la completitud de la muestra, ya que para valores de  $V_r > 9500$ km/s la proporción de galaxias desciende considerablemente (sólo hay 19 galaxias con  $V_r > 9500$ km/s). Es decir, hemos tomado todas las galaxias que están entre 2500 y 9500km/s y hemos calculado de nuevo las funciones de distribución acumulada para las tres propiedades, morfología, velocidad y magnitud absoluta. Estas nuevas distribuciones están representadas en las figuras 6.2d, 6.2e y 6.2f y los correspondientes nuevos valores medianos y con la desviación de la mediana en la tabla 6.3. En ambos casos, en morfología y magnitud, las diferencias encontradas anteriormente para los distintos tipos de actividad se mantienen. y como puede verse, ahora las distribuciones de velocidad son similares, así que las diferencias que encontramos son reales y no se deben a diferencias en la distribución de  $V_r$ .

El hecho de que los AGNs se encuentren en tipos más luminosos que los SFN se podría deber a la relación morfología-luminosidad (Segal 1985; Binggeli et al. 1988; Park et al. 2007) según la cual las galaxias con tipos morfológicos más tempranos son más luminosas. Para comprobar que efectivamente los AGNs están en galaxias más luminosas y que no es un efecto de la morfología, hemos dividido la muestra en intervalos de morfología y hemos realizado el mismo análisis que hasta ahora pero para cada intervalo morfológico. Si dividimos en galaxias tempranas, espirales tempranas y espirales tardías vamos a tener tres intervalos con un número muy distinto de galaxias dada la distribución de morfologías de la muestra, de manera que para que la estadística sea comparable en todos los bins, hemos dividido en tres intervalos diferentes:

- 1) elípticas y lenticulares; E-S0,  $T < 0$ , 244 galaxias, el 34 %
- 2) galaxias espirales hasta Sb incluidas, es decir,  $0 \leq T \leq 3$ , 246 galaxias y un 34 %
- 3) el resto de las espirales, es decir  $T > 3$ , 230 galaxias, un 32 %.

En la figura 6.8, se muestran las distribuciones de magnitud absoluta en los tres intervalos en morfología, para los AGNs, TOs y SFNs, en todo el rango de velocidad y en el rango 2500-9500 km/s . Como resultado del análisis por bins de morfología, se encuentra que en los tres intervalos de morfología (incluidas las galaxias de tipo  $\geq$  Sbc) los AGNs se encuentran en galaxias más brillantes que las galaxias que albergan pura formación estelar nuclear. Esto sugiere que no es que los AGNs estén en galaxias más luminosas sino que las galaxias son más luminosas porque albergan un AGNs.

Después de este análisis de las propiedades de las galaxias, teniendo en cuenta las diferencias en  $V_r$  y en morfología, podemos concluir que:

- Independientemente de la distribución en velocidad, las galaxias pasivas están en tipos

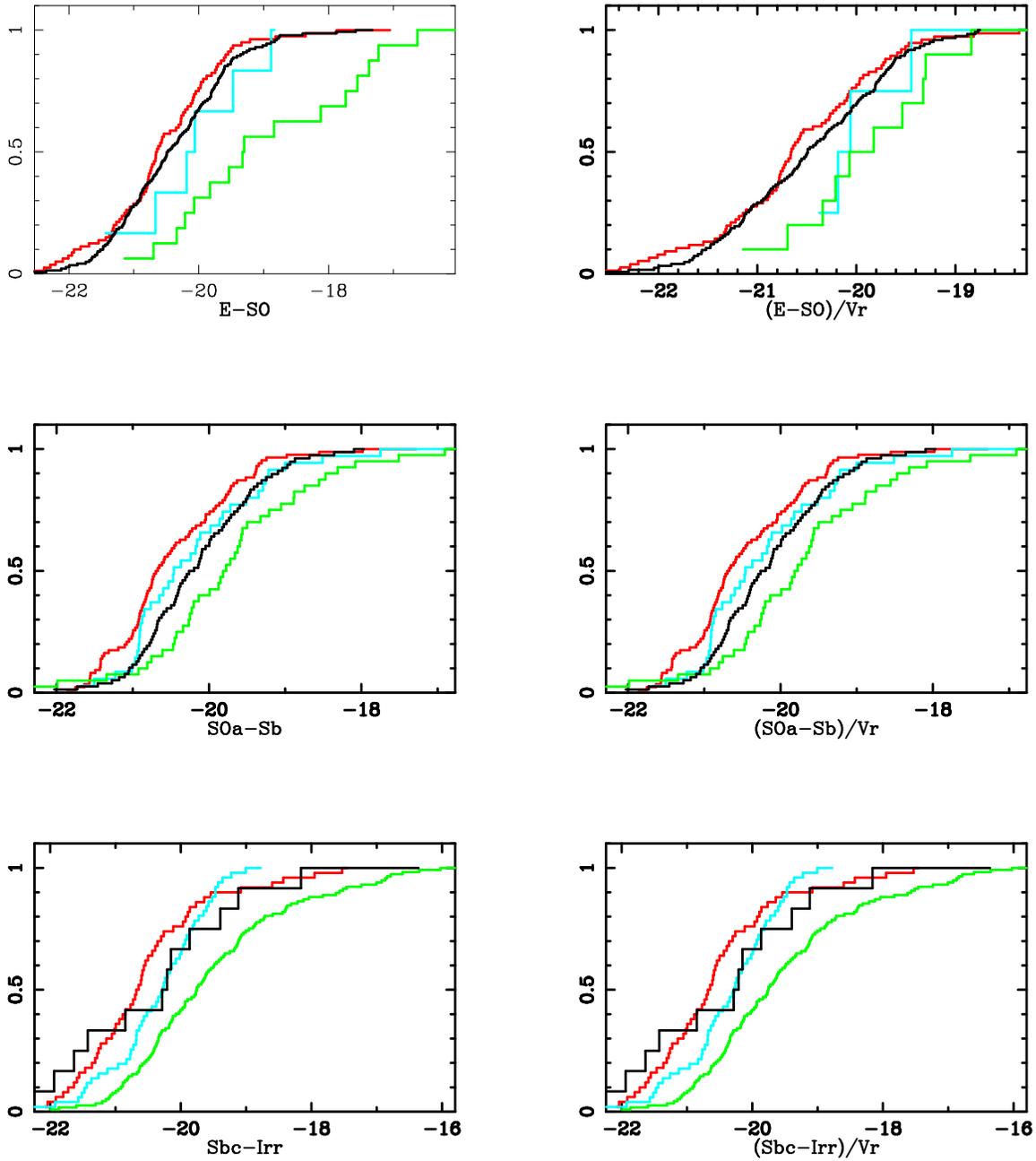


Figura 6.8: Funciones de distribución acumulada de la magnitud absoluta de la galaxias anfitriona dividido por intervalos de morfología. En las figuras de la izq se muestra para el rango completo de galaxias y en las de la derecha en el rango cortado en velocidad (2500-9500km/s). Ver Fig 6.2 para explicación de las líneas

más tempranos que las galaxias activas (el 93 % de las galaxias pasivas están en tipos más tempranos que Sb).

- Los AGNs están en tipos más tempranos y más luminosos que los SFN (el 73 % de los AGNs puros están también en tipos más tempranos que Sb mientras que el 92 % de los SFN están en Sb o más tardíos).
- Los objetos de transición están en tipos morfológicos similares a los SFN si bien su luminosidad es la encontrada en galaxias con AGNs, lo que concuerda con la definición de estos objetos como portadores de un AGN rodeado por formación estelar.
- Dentro de mismo tipo de morfología, las galaxias que albergan un AGN son más luminosas que las que albergan sólo formación estelar, porque el primer proceso es mucho más energético.

### Luminosidad del AGN

Para calcular la luminosidad del AGN a través de la luminosidad en  $H\alpha$ , como hicimos en los grupos compactos de Hickson, necesitamos flujos absolutos. Estos sólo los podemos calcular de los espectros de SDSS-DR4, que son los únicos de esta muestra que están calibrados en flujo. De los 211 espectros del SDSS-DR4, 169 muestran emisiones, aunque 19 no tienen emisión en  $H\alpha$  (sólo [NII]), por lo que podemos calcular la luminosidad en 150 galaxias. De éstos, hemos seleccionado los 61 que son AGN puros. El flujo de la línea se obtiene como ya se explico en la sección ?? y calculamos la luminosidad a través de la fórmula:

$L=4\pi D^2 F$ , donde D es la distancia a la que se encuentra la galaxia y F el flujo obtenido en la línea

Obteniendo un valor mediano de  $6 \cdot 10^{39}$  erg  $s^{-1}$ . Para corregir de la extinción tanto de nuestra galaxia como de la que alberga el AGN, usamos la ley de ? con un  $R_v=3.1$ . Asumiendo, como ya hemos mencionado que  $H_0=70 \text{Mpc}^{-1} \text{ms}^{-1}$  y que la relación intrínseca entre  $H\alpha$  y  $H\beta$  es 3.1, obtenemos que la mediana de la luminosidad en  $H\alpha$  corregida de extinción para los AGNs puros es  $9 \times 10^{39}$ . Teniendo en cuenta que la mayoría de los autores (Heckman 1980; Ho et al. 1997a; Nagar et al. 2000) consideran un AGN de baja luminosidad cuando  $L(H\alpha) \leq 10^{40-41}$  nosotros estaríamos en el rango de baja luminosidad.

Si en vez de  $H\alpha$  nos fijamos en la línea de [OIII]5007 Å y calculamos de la misma manera la luminosidad  $L[\text{OIII}]$ , obtenemos una luminosidad corregida de extinción de  $9,5 \times 10^{39}$  erg  $s^{-1}$ . Para compararlo con el trabajo de Ka03 lo hemos puesto en unidades de luminosidades solares bolométricas ( $L_{\odot}=3.83 \times 10^{33}$  ergs  $s^{-1}$  ) y calculando el logaritmo se obtiene un valor mediano de 6.39, que también está en la zona de baja luminosidad de la muestra de Ka03 de galaxias con AGN de Sloan. Esto confirma que también en estos grupos compactos la actividad nuclear predominante son los AGNs de baja luminosidad.

Tabla 6.4: Propiedades de los grupos

	Velocidad	Rp	$\sigma_v$
AGNs	$5908 \pm 1589$	$58 \pm 22$	$181 \pm 118$
AGNs+TO	$5908 \pm 1590$	$62 \pm 24$	$173 \pm 108$
SFN	$3838 \pm 2039$	$66 \pm 25$	$100 \pm 99$
No-emisión	$6468 \pm 1683$	$80 \pm 24$	$183 \pm 113$

### 6.3. El grupo de acogida y la actividad nuclear

El entorno puede jugar un papel importante en las propiedades de las galaxias. Para analizar la influencia que puede tener este tipo de entorno, hemos estudiado la relación entre las propiedades del grupo con el tipo de actividad que domine en dicho grupo. Al igual que para los grupos HCG, se mantiene la denominación realizada en el capítulo anterior, esto es un grupo dominado por AGNs quiere decir que más de la mitad de las galaxias del grupo han sido clasificadas como AGNs puros. De la misma forma están los grupos dominados por SFN y por No-emisiones. Al igual que el bloque donde estudiamos la muestra de los HCGs, aquí también vamos a considerar grupos dominados por AGNs+TOs.

El primer resultado que encontramos es una concordancia morfológica: 1) los grupos donde la galaxia más brillante (GB) es una galaxia temprana (tipo morfológico E-S0) están dominados por galaxias de tipo temprano, el 46 % están dominados por E-S0 y este porcentaje aumenta hasta el 91 % si consideramos E-Sb. 2) De igual modo los grupos donde la más brillante (GB) es una espiral tardía  $T > Sb$  (62 grupos) están dominados por espirales, un 55 % dominados por galaxias con  $T > Sb$  y este porcentaje aumenta a 94 % si consideramos todas las espirales  $\geq S0a$ . En cuanto a actividad puede decir algo parecido:

- El 55 % de los grupos cuya GB no tiene emisiones están dominados por galaxias sin emisiones, un 14 % dominados por AGNs+TOs y sólo un 9 % dominados por SFN.
- El 60 % de los grupos cuya GB es un AGN o un TO están dominados por AGNs y/o TOs, un 3 % dominados por Noe y 9 % dominados por SFN y,
- El 72 % de los grupos cuya GB es un SFN están dominados por SFN, con un 13 % dominados por AGNs+TOs y no hay ningún grupo dominado por No-emisiones.

Esta concordancia en actividad podría deberse única y exclusivamente a una consecuencia de la relación morfología-actividad. Para demostrar que esto no es así sino que realmente existe esa concordancia con la actividad, hemos separado por intervalos de morfología, es decir, grupos donde la galaxia más luminosa es de tipo temprano por un lado y grupos donde la más luminosa es de tipo tardío por otro y hemos repetido el estudio de actividad.

El primer rango de morfología corresponde a los grupos donde la GB es de tipo temprano (E-S0; 95 grupos). De los 54 grupos donde la GB no presenta emisiones, el 57 % están

dominados por No-emisiones (16 % dominados por AGNs+TO y 7 % dominados por SFN). Para los 39 grupos donde la GB es AGN o TO, el 56 % de los grupos están dominados por AGNs+TOs (10 % SFN y 3 % dominados por No-Emisiones). Y sólo dos grupos de este rango morfológico tienen la GB clasificada como SFN por lo que no podemos hacer estadística con ellos.

En el rango morfológico donde la GB es una espiral tardía ( $T \geq Sbc$ ) tenemos 62 grupos. Cuando la GB está clasificada como un AGN o un TO (32 grupos), el 56 % de ellos están dominados por AGNs+TOs (9 % dominados por SFN y 9 % por No-emisiones). De los 26 grupos con la GB clasificada como SFN, el 81 % están dominados por SFN, un 11 % dominados por AGNs+TOs y no hay grupos dominados por No-emisiones. Los cuatro grupos restantes no muestran emisiones en la GB y todos están dominados por No-emisiones.

De este análisis podemos concluir que la actividad dominante es una característica del grupo, independientemente de la morfología que domine.

Continuando con el análisis, se han estudiado las distribuciones de las distintas propiedades de los grupos para cada tipo de actividad dominante, con el fin de analizar si existen diferencias significativas que puedan arrojar información sobre los procesos que influyen en estos entornos en la presencia o no de fenómenos de actividad. En particular, se han estudiado las distribuciones en dispersión de velocidades, tamaño medio del grupo, densidad numérica, densidad de masa y masa virial.

En la Figura 6.9 se presentan las funciones de distribución acumulada para la dispersión de velocidades, la velocidad radial del grupo y la separación media entre pares para los grupos dominados por AGNs+TOs (línea morada), para grupos dominados por SFN (línea verde) y para los grupos dominados por No-emisiones (línea negra). Las figuras de la izquierda (6.9a, 6.9b y 6.9c) se representan para el rango completo de velocidades, mientras que las de la derecha (6.9d, 6.9e y 6.9f) corresponden a la muestra restringida en velocidad (2500-9500 km/s). Los valores medianos de las distribuciones junto con las desviaciones típicas se presentan en la Tabla 6.4. En ella, para cada grupo de actividad dominante (columna 1) se dan en las columnas 2 y 3 respectivamente los valores medianos y la desviación para la función acumulada de la velocidad radial, en las columnas 4 y 5 para las funciones de la separación media entre pares y las columnas 6 y 7 respectivamente la mediana y desviación de las distribuciones acumuladas de la dispersión de velocidades.

Como se puede ver de la Figura 6.9a y la Tabla 6.4, los grupos dominados por No-emisiones tienen una dispersión de velocidades mayor (183 km/s) que los grupos dominados por algún tipo de actividad. A su vez, los grupos dominados por AGNs+TOs tienen una dispersión de velocidades (173 km/s) significativamente mayor que los grupos dominados por SFN (100 km/s). Los test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) indican que todas las distribuciones son diferentes. El test K-S da que las distribuciones de AGNs+TOs y de SFN vienen de una muestra diferente al 99,4 % de probabilidad y que la probabilidad que las distribuciones de dispersión de velocidades de AGNs+TO y Noe sean iguales es menor del 67 %, que no tiene

Tabla 6.5: Propiedades de los grupos en la muestra restringida en velocidad

Dominados por:	AGNs+TOs	SFN	No-emisión
Velocidad	5757 ±1421	5962 ±1550	6579 ±1392
R <sub>p</sub>	62 ±26	65 ±26	79 ±24
σ <sub>v</sub>	173 ±111	94 ±61	180 ±120
ρ <sub>D</sub>	3.1 ±10.1	0.99 ±6.75	2.12 ±5.8
ρ <sub>N</sub>	1.3 ±4.4	1.3 ±12.2	0.64 ±5.77
Masav (10 <sup>12</sup> M <sub>⊙</sub> )	7.9 ± 16.4	1.4 ± 4.3	11 ± 18

significancia estadística.

En cuanto al tamaño medio proyectado, en la Figura 6.9c vemos que los grupos dominados por No-emisiones tienen R<sub>p</sub> mayor (mediana de 80 kpc) que los grupos dominados por AGNs+TOs (mediana de 62 kpc) o los grupos dominados por SFN (66 kpc). Al igual que vimos en la sección anterior de análisis de las galaxias, en la Figura 6.9b se aprecia una diferencia en la distribución de velocidades dependiendo del tipo de actividad dominante en el grupo. La mayor diferencia la muestran los grupos dominados por SFN y es debido, como ya vimos, a un conjunto de galaxias cercanas de Virgo dominadas por SFN y que influye también en los grupos dominados por SFN. Para evitar esta diferencia en distribución de velocidades y demostrar que las relaciones que estamos encontrando no se deben a esta diferencia, restringimos la muestra al rango de velocidades de 2500 km/s a 9500 km/s. Los nuevos valores de las medianas y las desviaciones están listados en la Tabla 6.5. A su vez, las nuevas distribuciones se representan en la parte derecha de la Figura 6.9. Como puede verse, con la nueva selección, tanto las distribuciones como los valores medianos de la velocidad radial son equivalentes y se mantiene la diferencia entre las distribuciones de tamaños y se acentúa en el caso de la dispersión de velocidades.

Para esta muestra hemos calculado también las funciones acumuladas de otros parámetros de grupo como la densidad numérica, o dinámicos como son la masa virial y la densidad dinámica de masa. La masa virial se ha calculado mediante la fórmula (5.8) descrita en el apartado 5.3 del capítulo anterior. Por su parte, la densidad numérica ρ<sub>N</sub> y la densidad de masa ρ<sub>D</sub> vienen dadas como:

$$\rho_N \propto \text{No.galaxias} / (R_H \times R_P)^{3/2} \quad \rho_D \propto \text{Masaviral} / (R_H \times R_P)^{3/2} \quad (6.1)$$

donde R<sub>H</sub> es el radio armónico y R<sub>P</sub> es la separación media entre pares.

En la Tabla 6.5 se dan los valores medianos, y las desviaciones, de las distribuciones acumuladas de ρ<sub>N</sub>, ρ<sub>D</sub> y Masa virial para los tres conjuntos de actividad dominante en los grupos.

Con el análisis efectuado, podemos concluir que los grupos dominados por AGNs tienen una dispersión de velocidades mayor que los grupos dominados por SFNs. Además el KS-test

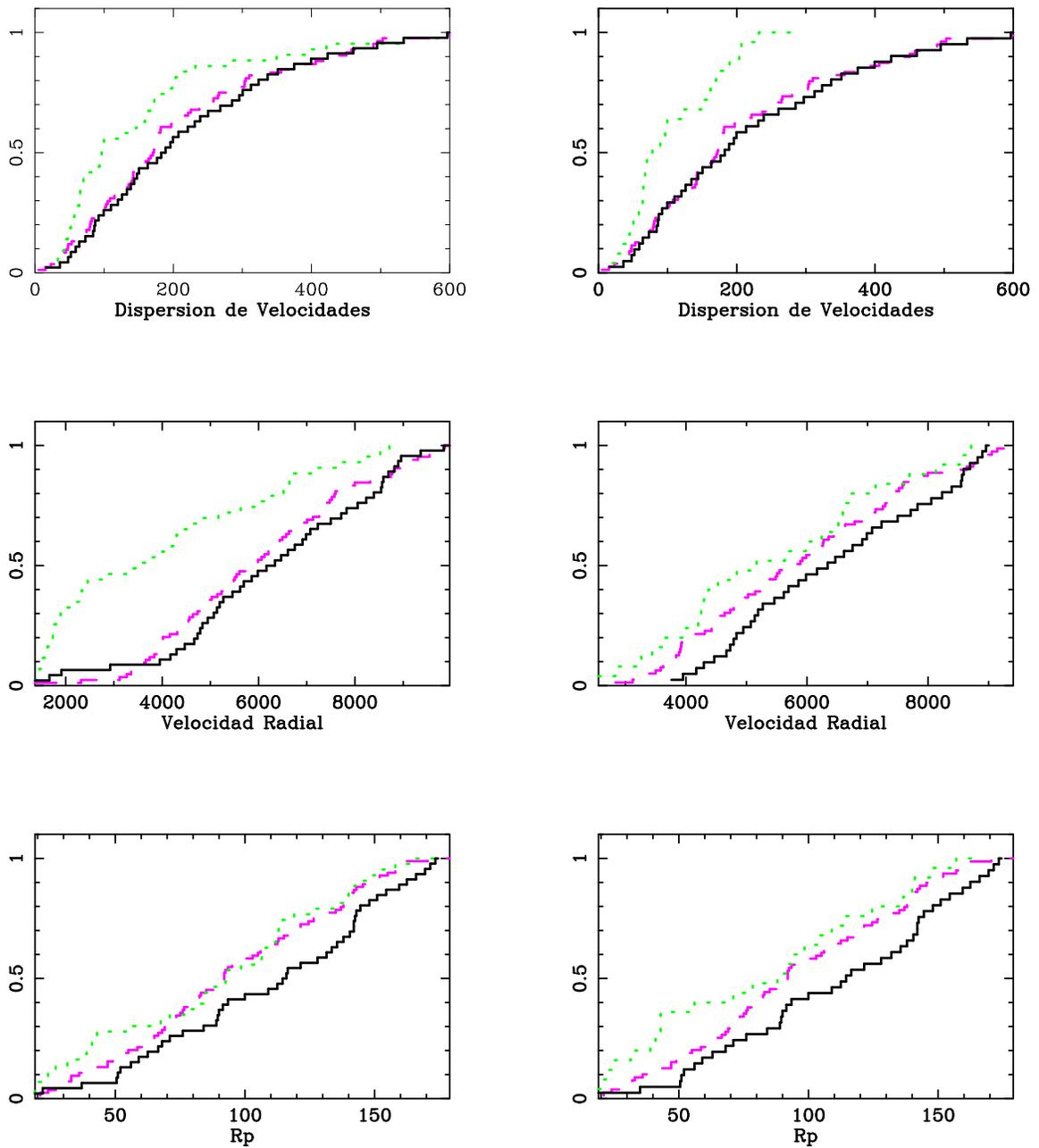


Figura 6.9: Función de distribución acumulada de la dispersión de velocidades de los grupos, el *redshift* y la separación media entre pares para grupos dominados por AGNs+TO (línea rayada), por SFN (línea de puntos) y por no-emisiones (línea continua). En la parte izquierda se representa para todo el rango de velocidad y en la derecha solo para los grupos entre 2500-9500 km/s.

muestra que estas dos distribuciones (dispersión de velocidades para grupos dominados por AGNs+TOs y dominados por SFN) son diferentes al 99,6 %. Estos dos grupos son también diferentes al 98 % en su densidad dinámica y al 99 % en su masa virial.

En esta muestra restringida en velocidad tampoco cambia la diferencia en la dimensión media proyectada, es decir, los grupos dominados por No-emisión siguen siendo más extendidos que los grupos dominados por AGNs+TOs o dominados por SFN. Los grupos dominados por No-emisiones y los grupos dominados por SFN son diferentes al 95 % según el test-KS (que sería equivalente  $\sim$  a estar a más de  $2\sigma$ ) en  $R_p$  y al 99 % (más de  $3\sigma$ ) en su masa virial. También se encuentra una diferencia significativa (al 96 %) en la densidad numérica entre los grupos dominados por No-emisiones y los grupos dominados por AGNs+TOs, siendo estos últimos más concentrados.

De nuevo se ha realizado este estudio teniendo en cuenta la morfología, para eliminar en lo posible la interconexión entre morfología y dispersión de velocidades del grupo. Para ello se han analizado las distribuciones separando en bins de tipo morfológico bien diferenciados:

- Los 52 grupos dominados por galaxias tempranas (E-SO):
  - Los 23 grupos dominados por No-emisiones tienen una dispersión de velocidades mayor (193 km/s) que los 17 grupos dominados por AGNs+TOs (174km/s) y los 4 dominados por SFN (68km/s).
- Si hacemos lo mismo para los 45 grupos dominados por espirales tardías ( $\geq$ Sbc) encontramos que
  - Los 23 grupos dominados por SFN siguen teniendo una dispersión de velocidades significativamente menor (104 km/s) que los 12 grupos dominados por AGNs+TOs (158 km/s) y los dos dominados por No-emisiones (161 km/s).

Podemos afirmar sin lugar a dudas que los grupos dominados por AGNs+TOs tienen distintas propiedades (densidad dinámica, masa virial y dispersión de velocidades) a los grupos dominados por SFN, independientemente de la morfología que domine en esos grupos.

Puesto que tenemos además el número de vecinos en 1.43 Mpc (que viene de 1Mpc usando  $H_0=100$  en Focardi & Kelm 2002) y con una diferencia de velocidad menor de 1000 km/s<sup>2</sup> podemos hacer también un estudio a mayor escala y nos sólo a escalas del grupo. Para ello se calcularon para los tres grupos de actividad (AGN+TO, NoE, SFN) como cambiaban las propiedades dinámicas si se añadían las galaxias vecinas y se analizó si las distribuciones en ese caso mantenían las diferencias encontradas. Tras el cálculo de la densidad numérica, la dispersión de velocidades, la densidad dinámica y la masa virial en todo el radio para cada grupos dominante, se obtuvo como resultado que ahora no se aprecia ninguna diferencia en ninguna de las propiedades de los grupos dominadas por AGNs+TOs, dominados por SFN o por No-emisiones. Esto quiere decir que a gran escala (entendida hasta 1 Mpc) el entorno

no influye en la aparición de estos fenómenos, sino que es a la pequeña escala de grupos compactos donde los efectos parecen ser significativos.

### 6.3.1. Diferencias entre Tripletes y Multipletes

En la muestra de los 215 grupos compactos del UZC existe una proporción alta (76 %) de tripletes si comparamos con la otra muestra de HCGs (18 %). En nuestra muestra de UZC-CGs tenemos 163 tripletes con 489 galaxias y 52 multipletes con un total de 231 galaxias. Dado que existe un número restringido pero suficiente de multipletes en el UZC, hemos analizado las diferencias en las emisiones y sus tipos en función de la multiplicidad del grupo, encontrando que:

Los tripletes muestran un porcentaje ligeramente más elevado de emisiones, 69 % frente al 63 % en multipletes pero, dentro de las emisiones, los multipletes tienen más AGNs que los tripletes. Un 39 % de las emisiones en tripletes (TR) albergan un AGN puro frente a un 47 % en los multipletes. Si nos fijamos en la galaxia más brillante (GB) del grupo, la diferencia se hace más evidente: el 46 % de las GB en TR con emisiones albergan un AGN puro frente al 62 % en las GB de los Multipletes.

Para demostrar que esta diferencia, nuevamente, es independiente de la morfología, hemos hecho el mismo estudio pero en rangos de morfología.

De las 244 galaxias tempranas (E-SO) de nuestra muestra completa, 156 están en TR y 88 en multipletes. La tasa de emisiones en este caso es similar, 40 % de las galaxias en TR muestran emisiones frente a un 39 % de las galaxias en Multipletes. Pero sigue habiendo más AGNs en los multipletes que en los tripletes, un 71 % de las galaxias con emisión en tripletes alberga un AGN puro frente al 89 % en multipletes. Estos porcentajes aumentan si nos restringimos a la GB con emisión, el 84 % en los tripletes albergan un AGN puro frente a el 100 % de la GB con emisión en los multipletes.

Si hacemos lo mismo para las 230 galaxias espirales tardías ( $\geq$  Sbc), el porcentaje de emisiones y de AGNs puros en emisiones es similar, la única diferencia se ve cuando tenemos en cuenta la GB, el 48 % de las GB con emisiones albergan un AGN o un TO frente a un 79 % en las GB con emisiones de los multipletes.

De todo esto podemos concluir que si bien los tripletes tienen un porcentaje ligeramente mayor de galaxias con emisión, dentro de éstas los multipletes tienen más AGNs puros y si nos fijamos sólo en la galaxia más brillante estas diferencias entre tripletes y multipletes aumentan. Parecería indicar que la actividad nuclear tipo AGN en estos grupos aumenta con la multiplicidad.

## 6.4. Resumen y Conclusiones

Sobre el catálogo de grupos compactos del UZC-CG definido por Focardi & Kelm (2002) hemos seleccionado una muestra representativa de 215 grupos con espectros disponibles

para todas las galaxias. Se han inspeccionado los 720 espectros y se han medido emisiones en 488 de ellos. Aplicando un criterio de clasificación similar al de Kewley et al. (2006); Stasińska et al. (2006) obtenemos 216 AGNs, 99 TOs y 173 SFN. Teniendo en cuenta que los TOs son objetos que albergan un AGN, podemos decir que un 44 % de las galaxias que se encuentran en esta muestra de grupos compactos albergan un AGN frente a un 24 % con formación estelar nuclear y un 32 % de No emisiones.

En cuanto a las propiedades de las galaxias hemos visto que los AGNs se encuentran en galaxias más tempranas mientras que los SFN se sitúan en galaxias más tardías. Las galaxias sin emisión también se sitúan en tipos muy tempranos y los TOs están en tipos intermedios. Independientemente de la morfología de la galaxia anfitriona, las galaxias que albergan un AGN son más brillantes que las que albergan SFN pero esto se debe precisamente a la presencia del AGN y no a la luminosidad intrínseca de la galaxia.

Por otro lado los grupos dominado por AGNs tienen dispersión de velocidades, densidad dinámica y una masa virial significativamente mayor que los grupos dominados por SFN independientemente de la morfología que predomine en el grupo. Además los tripletes tienen mayor porcentaje de emisiones pero son los multipletes los que proporcionalmente albergan más AGNs, esta diferencia aumenta si nos restringimos a las galaxias más brillantes de los grupos.

Tabla 6.1: Clasificación de las galaxias con emisión

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas..
UZC-CG1a	-	-	-	-	FAST	22.22	AGN
UZC-CG1c	-	-	-	-	FAST	18.55	AGN
UZC-CG2b	-	-	-0.335	-	Z-Mach	4.38	TO
UZC-CG2c	-	-	-	-	FAST	19.55	AGN
UZC-CG3a	-	-	-0.605	-	Z-Mach	5.12	SFN
UZC-CG4b	-	-	-0.338	-	Z-Mach	2.60	TO
UZC-CG4d	-	-	0.073	-	Z-Mach	5.97	AGN
UZC-CG5c	-	-	0.032	-	FAST	16.32	AGN
UZC-CG5d	-	-	-0.008	-0.138	FAST	9.49	TO/AGN
UZC-CG5e	-	-	-0.020	-	FAST	6.40	AGN
UZC-CG5f	0.727	-	0.257	0.259	FAST	20.12	AGN
UZC-CG5g	-	-	-	-	FAST	15.07	AGN
UZC-CG7a	-	-	-0.544	-0.505	Z-Mach	4.53	SFN
UZC-CG7c	-	-	0.878	-	Z-Mach	12.91	AGN
UZC-CG7e	-	-	-	-	Z-Mach	10.38	AGN
UZC-CG8a	-0.174	-	-0.753	-0.894	Z-Mach	6.50	SFN
UZC-CG8b	0.006	-	-0.731	-0.471	Z-Mach	5.00	SFN
UZC-CG8c	-	-	-0.525	-	Z-Mach	3.65	SFN
UZC-CG9a	0.353	-	-0.352	-	Z-Mach	10.71	TO
UZC-CG9c	-0.821	-2.085	-0.450	-0.637	SDSS	41.27	SFN
UZC-CG12a	-	-	-0.305	-	Z-Mach	1.11	TO
UZC-CG12b	0.468	-	-0.660	-0.456	Z-Mach	1.89	TO/AGN
UZC-CG12c	-	-	-	-	Z-Mach	11.40	AGN
UZC-CG13a	-0.268	-	-0.373	-0.346	Z-Mach	7.95	SFN
UZC-CG13b	-	-	-0.276	-	Z-Mach	0.98	TO
UZC-CG14b	-	-	-	-	Z-Mach	12.50	AGN
UZC-CG15a	0.112	-	-0.534	-0.301	FAST	7.35	SFN
UZC-CG15b	-0.721	-	-0.371	-0.596	FAST	10.40	SFN
UZC-CG16a	-	-	-	-	FAST	8.41	AGN
UZC-CG16b	-	-	0.159	-	FAST	10.45	AGN
UZC-CG18a	-	-	-0.568	-0.487	Z-Mach	2.84	SFN
UZC-CG19a	-	-	0.176	-	Z-Mach	11.99	AGN
UZC-CG19b	0.122	-0.316	-0.243	-0.166	FAST	8.67	TO/AGN
UZC-CG19c	-0.112	-	-0.524	-	Z-Mach	10.26	SFN
UZC-CG20a	1.291	-	0.128	-	Z-Mach	6.54	AGN

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG20b	-	-	-0.549	-0.576	Z-Mach	3.99	SFN
UZC-CG20c	-0.303	-	-0.562	-0.485	Z-Mach	4.63	SFN
UZC-CG21a	-	-	-0.333	-	Z-Mach	2.52	TO
UZC-CG21c	-0.116	-	-0.435	-	Z-Mach	5.42	SFN
UZC-CG22a	0.236	-	-0.055	-0.183	FAST	18.32	AGN
UZC-CG22b	0.474	-	-0.726	-	Z-Mach	2.23	SFN
UZC-CG22c	-0.382	-	-0.324	-0.510	FAST	25.97	SFN
UZC-CG23a	0.174	-	0.218	-	FAST	10.28	AGN
UZC-CG23b	-	-	-0.147	-	Z-Mach	1.46	TO
UZC-CG23c	0.168	-	-0.398	-	Z-Mach	10.93	TO
UZC-CG24a	0.019	-1.873	-0.246	-0.342	SDSS	23.76	TO
UZC-CG24b	0.151	-	0.235	-0.038	SDSS	52.04	AGN
UZC-CG24c	-	-	-	-	Z-Mach	12.52	AGN
UZC-CG25b	-	-	-0.425	-	Z-Mach	7.80	SFN
UZC-CG25c	-	-	-	-	FAST	10.97	AGN
UZC-CG25d	-	-	-	-	Z-Mach	3.73	SFN
UZC-CG26a	-	-	-0.345	-	Z-Mach	10.02	TO
UZC-CG26b	-0.267	-2.130	-0.227	-0.605	SDSS	43.79	TO
UZC-CG27a	-	-	-0.304	-	Z-Mach	4.25	TO
UZC-CG27b	-	-	-0.828	-	Z-Mach	4.19	SFN
UZC-CG27c	0.016	-	-0.407	-	Z-Mach	7.34	TO
UZC-CG28a	-	-	-	-	Z-Mach	12.41	AGN
UZC-CG28b	0.274	-	-0.764	-0.382	Z-Mach	2.67	SFN
UZC-CG29b	-	-	-0.152	-	Z-Mach	4.53	TO
UZC-CG29c	-0.134	-	-0.286	-0.313	FAST	15.71	TO
UZC-CG30a	-	-	-0.512	-0.609	Z-Mach	3.91	SFN
UZC-CG30b	-	-	-	-	-	0.00	AGN
UZC-CG30c	0.237	-	-0.184	-0.286	Z-Mach	5.64	TO/AGN
UZC-CG31a	-0.607	-	-0.260	-0.650	FAST	10.45	TO
UZC-CG32b	-	-	-	-	Z-Mach	12.17	AGN
UZC-CG33a	-	-	-	-	FAST	21.78	AGN
UZC-CG33c	0.472	-	-0.100	-0.271	FAST	20.53	AGN
UZC-CG34a	-	-	0.408	-	Z-Mach	9.43	AGN
UZC-CG34b	-	-	-0.529	-	Z-Mach	1.64	SFN
UZC-CG34c	-	-	-0.449	-	Z-Mach	2.88	SFN
UZC-CG36a	-	-	-	-	FAST	25.38	AGN

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG36b	0.828	-	0.389	0.409	FAST	20.92	AGN
UZC-CG37a	-	-	-	-	Z-Mach	12.43	AGN
UZC-CG37b	-	-	-0.493	-0.649	Z-Mach	4.48	SFN
UZC-CG37c	-0.310	-	-0.282	-0.326	FAST	7.30	TO
UZC-CG37d	-0.595	-	-0.405	-0.502	FAST	14.06	SFN
UZC-CG38a	-	-	-	-	Z-Mach	0.58	SFN
UZC-CG38b	0.439	-	-0.246	-	Z-Mach	4.86	AGN
UZC-CG38c	-	-	-0.321	-	Z-Mach	6.44	TO
UZC-CG39b	-	-	-	-	Z-Mach	1.40	SFN
UZC-CG39c	-	-	0.000	-	Z-Mach	2.63	AGN
UZC-CG41a	-	-	-	-	Z-Mach	13.66	AGN
UZC-CG41b	-	-	-	-	Z-Mach	8.77	AGN
UZC-CG41c	-	-	-	-	Z-Mach	8.87	AGN
UZC-CG44b	-	-	0.035	0.227	FAST	12.92	AGN
UZC-CG46c	-	-	-	-	FAST	11.82	AGN
UZC-CG47c	0.196	-	-0.273	-	Z-Mach	1.39	TO
UZC-CG50c	-	-	-	-	FAST	12.65	AGN
UZC-CG50e	-	-	-0.114	-	FAST	7.56	TO/AGN
UZC-CG51b	-	-	-	-	FAST	11.76	AGN
UZC-CG51c	0.429	-	0.135	0.100	FAST	22.54	AGN
UZC-CG52a	-	-	-	-	Z-Mach	4.77	AGN
UZC-CG52b	-	-	-	-	Z-Mach	12.36	AGN
UZC-CG60a	-0.689	-	-0.415	-0.621	FAST	5.32	SFN
UZC-CG61b	-	-	-0.401	-0.496	Z-Mach	2.97	SFN
UZC-CG61d	-	-	-0.375	-	Z-Mach	4.96	TO
UZC-CG63a	-	-	-	-	FAST	9.08	AGN
UZC-CG63c	-	-	-0.080	-0.210	FAST	13.60	AGN
UZC-CG67b	-	-	-0.337	-0.928	Z-Mach	2.78	TO
UZC-CG67c	-	-	-0.330	-	Z-Mach	4.65	TO
UZC-CG70a	-	-	-0.417	-0.765	Z-Mach	6.90	SFN
UZC-CG70b	0.089	-	-0.476	-0.295	FAST	9.26	SFN
UZC-CG70c	-	-	-	-	FAST	19.15	AGN
UZC-CG72a	-	-	0.709	0.324	SDSS	45.64	AGN
UZC-CG72b	-	-	-	-	SDSS	45.62	AGN
UZC-CG72c	-	-	-	-	SDSS	44.09	AGN
UZC-CG73a	-0.077	-	-0.835	-0.214	Z-Mach	2.69	SFN

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG73b	-	-	-0.085	-	Z-Mach	8.35	AGN
UZC-CG73c	-	-	-0.084	-	Z-Mach	8.30	AGN
UZC-CG74a	-0.910	-2.005	-0.365	-0.647	SDSS	49.70	SFN
UZC-CG74b	0.106	-	-0.051	-0.215	SDSS	48.33	AGN
UZC-CG74c	-0.585	-1.627	-0.402	-0.579	SDSS	34.19	SFN
UZC-CG75a	-	-	-	-	FAST	16.68	AGN
UZC-CG76a	-	-	0.278	0.144	FAST	26.11	AGN
UZC-CG76b	-0.135	-	-0.524	-0.502	FAST	8.13	SFN
UZC-CG76c	0.342	-	-0.931	-0.544	Z-Mach	2.49	SFN
UZC-CG77a	-	-	-	-	SDSS	59.43	AGN
UZC-CG77d	-0.373	-1.324	-0.100	-0.313	SDSS	42.29	TO
UZC-CG79a	-	-	-0.497	-0.449	Z-Mach	5.46	SFN
UZC-CG79b	0.163	-	-1.048	-0.358	Z-Mach	3.81	SFN
UZC-CG83a	0.523	-	0.603	0.206	SDSS	49.81	AGN
UZC-CG83b	0.373	-	0.560	-0.065	SDSS	53.99	AGN
UZC-CG84b	-0.070	-	0.054	-0.121	SDSS	42.38	AGN
UZC-CG84c	0.326	-0.681	0.212	0.060	SDSS	66.84	AGN
UZC-CG86a	-	-	-	-	FAST	15.65	AGN
UZC-CG86b	-0.293	-	-0.459	-0.484	FAST	13.59	SFN
UZC-CG86c	0.241	-	-0.575	-0.495	Z-Mach	4.67	SFN
UZC-CG89a	-	-	0.189	-	Z-Mach	8.82	AGN
UZC-CG89b	0.818	-0.417	0.367	0.419	SDSS	63.07	AGN
UZC-CG89c	-0.817	-	-0.289	-0.660	SDSS	35.16	SFN
UZC-CG90a	0.491	-	0.371	0.004	SDSS	52.98	AGN
UZC-CG90b	-	-	-	-	SDSS	52.53	AGN
UZC-CG90c	0.554	-	0.630	0.336	SDSS	67.83	AGN
UZC-CG92d	-0.727	-	-0.488	-	Z-Mach	3.71	SFN
UZC-CG93a	0.726	-1.242	-0.636	-0.132	SDSS	22.67	AGN
UZC-CG93b	-0.695	-	-0.265	-0.717	Z-Mach	5.25	SFN
UZC-CG93c	-0.147	-	-0.481	-0.799	Z-Mach	4.49	SFN
UZC-CG94a	0.633	-1.801	-1.149	-0.848	SDSS	47.92	SFN
UZC-CG94b	0.812	-1.602	0.063	-0.237	SDSS	59.29	AGN
UZC-CG94c	-0.002	-1.379	-0.710	-0.273	SDSS	19.22	SFN
UZC-CG95a	0.876	-	0.457	0.037	SDSS	87.39	AGN
UZC-CG95c	-	-	-	-	SDSS	89.71	AGN
UZC-CG96a	-	-	-0.398	-	Z-Mach	5.34	TO

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG96b	0.264	-	-0.773	-	Z-Mach	4.01	SFN
UZC-CG96c	0.703	-	-1.322	-1.032	Z-Mach	1.64	SFN
UZC-CG96d	0.637	-	-1.514	-0.941	Z-Mach	1.98	SFN
UZC-CG97a	-	-	-0.218	-0.146	Z-Mach	10.09	TO
UZC-CG97c	-0.434	-2.086	-0.320	-0.397	SDSS	29.62	SFN
UZC-CG98a	0.849	-	0.093	0.201	SDSS	33.76	AGN
UZC-CG98c	0.758	-0.785	0.605	0.268	SDSS	53.09	AGN
UZC-CG99a	-	-	-0.124	-	FAST	3.94	TO
UZC-CG100a	0.395	-0.577	0.309	0.240	SDSS	60.77	AGN
UZC-CG100b	-0.215	-1.470	-0.309	-0.380	SDSS	30.97	TO
UZC-CG100c	-	-	-	-	SDSS	74.82	AGN
UZC-CG100d	-	-	-0.326	-	Z-Mach	3.20	TO
UZC-CG101a	-	-	-0.255	-	Z-Mach	2.93	TO/SFN
UZC-CG101b	-	-	-0.367	-	Z-Mach	9.02	TO/SFN
UZC-CG101c	0.112	-	-0.589	-0.606	Z-Mach	4.86	SFN
UZC-CG102a	0.296	-	-0.653	-0.508	FAST	6.39	SFN
UZC-CG102b	-0.297	-	-0.536	-0.459	Z-Mach	4.49	SFN
UZC-CG103a	0.994	-	-0.016	0.029	Z-Mach	12.51	AGN
UZC-CG103c	-0.195	-	-0.237	-	Z-Mach	5.64	TO
UZC-CG104a	0.567	-	0.317	0.242	SDSS	24.10	AGN
UZC-CG104c	0.153	-1.684	-0.670	-0.397	SDSS	26.78	SFN
UZC-CG105c	0.509	-1.277	-0.241	-0.418	SDSS	22.59	AGN
UZC-CG106a	-0.013	-	-0.302	-0.972	Z-Mach	6.52	TO
UZC-CG107b	-0.542	-1.944	-0.289	-0.582	SDSS	40.36	SFN
UZC-CG107c	0.469	-	0.494	-	SDSS	48.63	AGN
UZC-CG109a	0.318	-	-0.480	-	Z-Mach	5.92	TO
UZC-CG109b	0.744	-1.060	-0.142	-0.684	SDSS	42.46	AGN
UZC-CG110a	-0.618	-	-0.288	-0.473	SDSS	30.43	SFN
UZC-CG110b	-0.444	-1.596	-0.356	-0.580	SDSS	28.42	SFN
UZC-CG110c	-0.545	-1.704	-0.292	-0.539	SDSS	34.50	SFN
UZC-CG111a	-0.350	-1.632	-0.393	-0.504	SDSS	40.32	SFN
UZC-CG111b	0.138	-	0.029	-0.249	SDSS	33.72	AGN
UZC-CG112a	0.641	-	-1.248	-0.832	Z-Mach	4.51	SFN
UZC-CG112b	-0.039	-	-0.512	-0.266	FAST	11.89	SFN
UZC-CG112c	-0.586	-	-0.210	-0.754	Z-Mach	12.56	TO
UZC-CG115a	-	-0.553	0.739	0.464	SDSS	41.28	AGN

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG115b	0.459	-1.076	0.229	0.027	SDSS	40.72	AGN
UZC-CG115c	0.381	-0.476	0.160	0.180	SDSS	45.49	AGN
UZC-CG116b	0.121	-	0.063	-	Z-Mach	4.74	AGN
UZC-CG117a	1.115	-1.037	-0.018	-0.354	SDSS	50.14	AGN
UZC-CG117c	0.349	-1.447	-0.554	-0.623	SDSS	57.49	TO
UZC-CG118a	-	-	-	-	SDSS	56.12	AGN
UZC-CG118b	-	-	0.746	-	SDSS	58.36	AGN
UZC-CG118c	-0.059	-	-0.229	-0.588	SDSS	50.56	TO
UZC-CG119a	0.495	-1.518	-1.123	-0.600	SDSS	32.25	SFN
UZC-CG119b	0.239	-	-0.261	-0.721	Z-Mach	4.97	TO
UZC-CG119c	-1.523	-1.871	-1.237	-0.796	SDSS	34.21	SFN
UZC-CG120b	-	-	-0.201	-	Z-Mach	7.04	TO
UZC-CG120c	0.520	-	-0.113	-	Z-Mach	7.70	AGN
UZC-CG121a	-	-	-0.294	-0.263	Z-Mach	3.62	TO
UZC-CG122a	-0.123	-	-0.556	-0.840	Z-Mach	3.69	SFN
UZC-CG122b	0.330	-	-0.598	-0.717	Z-Mach	6.37	SFN
UZC-CG122c	0.391	-	-0.710	-0.796	Z-Mach	6.40	SFN
UZC-CG122d	0.490	-	-0.914	-0.633	Z-Mach	7.60	SFN
UZC-CG122e	-	-	-0.190	-0.275	Z-Mach	6.18	TO
UZC-CG122f	-	-	-0.203	-0.505	Z-Mach	7.78	TO
UZC-CG123a	0.407	-	-0.540	-0.441	Z-Mach	4.01	TO/AGN
UZC-CG123b	0.118	-	-0.534	-0.658	Z-Mach	8.03	SFN
UZC-CG123c	0.040	-	-0.750	-0.499	Z-Mach	4.98	SFN
UZC-CG125a	0.396	-	-0.818	-0.499	Z-Mach	7.47	SFN
UZC-CG125b	-	-	-	-0.144	Z-Mach	2.37	SFN
UZC-CG126a	1.062	-	0.661	0.343	SDSS	44.93	AGN
UZC-CG126b	0.637	-0.840	0.784	0.468	SDSS	50.24	AGN
UZC-CG127a	1.287	-1.412	0.175	-0.053	SDSS	48.21	AGN
UZC-CG127d	0.462	-0.780	0.327	0.026	SDSS	47.82	AGN
UZC-CG128a	0.494	-0.872	0.502	0.196	SDSS	45.03	AGN
UZC-CG128b	0.801	-1.416	-0.125	-0.419	SDSS	55.29	AGN
UZC-CG128c	-0.698	-1.735	-0.288	-0.593	SDSS	63.29	SFN
UZC-CG129a	-	-	-0.498	-0.163	SDSS	10.15	SFN
UZC-CG129b	-0.062	-1.866	-0.589	-0.591	SDSS	35.02	SFN
UZC-CG129c	0.291	-	-0.589	-	Z-Mach	1.54	SFN
UZC-CG130a	-	-	0.773	0.649	SDSS	61.66	AGN

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG130b	-0.306	-	-0.503	-0.888	Z-Mach	3.73	SFN
UZC-CG130c	0.239	-1.745	-0.739	-0.519	SDSS	33.69	SFN
UZC-CG131a	0.737	-	0.281	-0.300	SDSS	64.91	AGN
UZC-CG131c	-0.114	-	-0.204	-0.497	FAST	11.99	TO
UZC-CG132a	-	-	-	-	Z-Mach	5.12	AGN
UZC-CG132b	0.716	-	0.282	-	FAST	11.72	AGN
UZC-CG133a	-	-	-	-	SDSS	51.48	AGN
UZC-CG133c	-	-	-	-	SDSS	45.83	AGN
UZC-CG134a	0.117	-	-0.642	-0.317	SDSS	19.68	SFN
UZC-CG134b	0.246	-	-0.388	-0.563	Z-Mach	13.10	TO
UZC-CG134c	0.483	-	-1.060	-0.528	FAST	2.53	SFN
UZC-CG135b	-	-	-0.004	-	Z-Mach	6.55	AGN
UZC-CG135c	-	-	-0.551	-0.841	Z-Mach	2.61	SFN
UZC-CG136c	-0.165	-1.521	-0.407	-0.329	SDSS	32.04	SFN
UZC-CG137a	-	-	-	-	FAST	10.89	AGN
UZC-CG137b	0.565	-	0.533	0.210	SDSS	58.94	AGN
UZC-CG137c	-0.291	-1.287	-0.377	-0.586	SDSS	39.12	SFN
UZC-CG139b	0.333	-0.899	-0.081	-0.016	SDSS	55.00	AGN
UZC-CG139c	0.437	-1.713	-0.798	-0.709	SDSS	50.20	SFN
UZC-CG140a	-	-	-0.327	-0.527	SDSS	31.87	TO/SFN
UZC-CG140b	-0.426	-	-0.369	-0.886	SDSS	60.93	SFN
UZC-CG141a	0.899	-	-1.148	-0.529	Z-Mach	4.12	AGN
UZC-CG141b	-0.592	-2.043	-0.256	-0.638	SDSS	38.73	TO
UZC-CG141c	0.024	-1.635	-0.363	-0.408	SDSS	24.88	TO
UZC-CG141d	-	-	-0.650	-	Z-Mach	3.16	SFN
UZC-CG141e	-0.544	-1.719	-0.297	-0.575	SDSS	43.90	SFN
UZC-CG141f	-	-	-	-	SDSS	50.76	AGN
UZC-CG143a	0.577	-	-0.221	-	Z-Mach	11.62	AGN
UZC-CG143b	-	-	-	-	FAST	12.00	AGN
UZC-CG143c	-	-	-0.430	-	Z-Mach	7.17	SFN
UZC-CG144a	0.467	-0.627	0.365	0.181	SDSS	47.85	AGN
UZC-CG144c	-	-	-0.097	-	Z-Mach	10.15	AGN
UZC-CG144d	-	-	-	-	SDSS	53.56	AGN
UZC-CG145a	0.449	-	0.332	0.177	SDSS	43.66	AGN
UZC-CG145b	-	-	0.690	-	SDSS	24.12	AGN
UZC-CG145c	-	-	-0.397	-	Z-Mach	4.68	TO

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG146a	-0.515	-1.684	-0.428	-0.707	SDSS	27.12	SFN
UZC-CG146b	0.434	-1.125	-0.466	-0.023	SDSS	18.78	TO/AGN
UZC-CG146c	-0.243	-1.614	-0.214	-0.397	SDSS	37.32	TO
UZC-CG147a	-	-	-0.766	-0.772	Z-Mach	4.57	SFN
UZC-CG147b	0.127	-	-0.831	-	Z-Mach	3.69	SFN
UZC-CG147c	0.573	-	-0.857	-0.712	Z-Mach	5.01	SFN
UZC-CG147d	0.157	-	-0.576	-0.613	Z-Mach	9.61	SFN
UZC-CG149a	-	-	-	-	Z-Mach	8.34	AGN
UZC-CG150b	-	-	-	-	Z-Mach	3.02	SFN
UZC-CG150c	-	-	-0.035	-	Z-Mach	5.32	AGN
UZC-CG151a	-	-	0.147	0.116	Z-Mach	9.83	AGN
UZC-CG151b	0.303	-	-0.652	-0.380	Z-Mach	1.85	SFN
UZC-CG151c	-0.064	-1.461	-0.541	-0.310	SDSS	27.53	SFN
UZC-CG153b	-	-	-0.414	-0.368	Z-Mach	3.70	SFN
UZC-CG153c	0.045	-	-0.536	-0.501	Z-Mach	5.46	SFN
UZC-CG154b	-	-	-0.478	-	Z-Mach	6.67	SFN
UZC-CG154c	-	-	-0.707	-	Z-Mach	2.15	SFN
UZC-CG155b	0.294	-	-0.743	-	Z-Mach	3.89	SFN
UZC-CG155c	-0.285	-1.949	-0.409	-0.506	SDSS	37.00	SFN
UZC-CG155d	0.615	-	-1.055	-0.822	Z-Mach	5.45	SFN
UZC-CG156d	-	-	0.369	-	Z-Mach	6.94	AGN
UZC-CG156e	1.118	-	0.089	-	Z-Mach	8.98	AGN
UZC-CG156f	-	-	0.550	-	FAST	9.05	AGN
UZC-CG157b	-	-	-	-	Z-Mach	6.20	AGN
UZC-CG157c	-	-	-0.321	-0.656	FAST	8.44	TO
UZC-CG157d	-	-	0.154	-	FAST	12.42	AGN
UZC-CG157e	-	-	-	-	FAST	16.40	AGN
UZC-CG157f	-	-	-	-	FAST	18.65	AGN
UZC-CG158a	0.134	-1.564	-0.568	-0.332	SDSS	32.21	SFN
UZC-CG158b	-	-	-0.292	-	Z-Mach	11.57	TO
UZC-CG158c	0.235	-1.624	-0.707	-0.530	SDSS	20.94	SFN
UZC-CG158d	0.192	-1.564	-0.360	-0.367	SDSS	56.36	TO
UZC-CG159c	-0.052	-	-0.348	-0.497	FAST	18.90	TO
UZC-CG159d	-	-	-0.075	-0.070	FAST	16.89	AGN
UZC-CG160a	0.348	-1.623	-0.929	-0.463	SDSS	33.82	SFN
UZC-CG160c	-0.765	-1.811	-0.416	-0.464	SDSS	31.06	SFN

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG161c	-	-	-0.241	-	Z-Mach	9.88	TO
UZC-CG162a	-	-	-	-	FAST	13.68	AGN
UZC-CG162c	0.157	-	0.178	-	Z-Mach	7.86	AGN
UZC-CG163a	0.172	-	0.016	-0.209	Z-Mach	10.30	AGN
UZC-CG163c	-	-	-0.543	-	FAST	5.82	SFN
UZC-CG164b	-	-	-0.263	-	FAST	11.78	TO
UZC-CG165c	-	-	-0.197	-0.377	Z-Mach	5.26	TO
UZC-CG166b	-	-	-0.532	-0.554	Z-Mach	2.65	SFN
UZC-CG166c	-	-	-0.455	-0.697	Z-Mach	3.68	SFN
UZC-CG167a	-	-	-	-	Z-Mach	11.31	AGN
UZC-CG167b	0.736	-1.002	0.363	0.218	SDSS	49.49	AGN
UZC-CG167c	0.495	-	0.347	0.069	SDSS	39.76	AGN
UZC-CG169a	0.194	-	-0.227	-0.862	Z-Mach	5.51	TO
UZC-CG169b	-	-	-	-	Z-Mach	9.30	AGN
UZC-CG169c	0.730	-	0.770	0.225	SDSS	48.96	AGN
UZC-CG169d	-0.700	-2.025	-0.290	-0.598	SDSS	35.51	SFN
UZC-CG171a	-0.095	-2.071	-0.278	-0.450	SDSS	51.50	TO
UZC-CG171c	-0.099	-1.200	-0.563	-0.248	SDSS	15.41	SFN
UZC-CG171d	-	-	0.743	0.352	SDSS	63.54	AGN
UZC-CG174a	-	-	-0.213	-0.178	Z-Mach	3.26	TO
UZC-CG174b	0.617	-	-0.048	-0.040	Z-Mach	7.61	AGN
UZC-CG174c	-0.182	-	-0.374	-0.668	Z-Mach	3.32	SFN
UZC-CG179a	-	-	0.105	-0.207	FAST	12.99	AGN
UZC-CG179b	-	-	0.276	-	FAST	9.06	AGN
UZC-CG179c	-0.075	-	-0.242	-	FAST	9.69	TO
UZC-CG180a	1.368	-	0.592	0.065	SDSS	43.46	AGN
UZC-CG183a	-	-	-0.230	-0.450	FAST	15.67	TO
UZC-CG183b	0.079	-	-0.322	-0.481	FAST	4.91	TO
UZC-CG183c	-0.262	-	-0.263	-0.531	FAST	7.54	TO
UZC-CG184a	0.136	-1.445	-0.613	-0.441	SDSS	32.60	SFN
UZC-CG184b	-	-	-	-	SDSS	64.32	AGN
UZC-CG184c	-0.274	-1.464	-0.408	-0.343	SDSS	26.39	SFN
UZC-CG185a	-	-	-0.224	-	Z-Mach	8.49	TO
UZC-CG185c	0.215	-	-0.625	-0.386	Z-Mach	3.42	SFN
UZC-CG185d	-	-	-0.424	-	Z-Mach	4.01	SFN
UZC-CG188a	-	-	0.618	0.226	SDSS	48.96	AGN

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG188b	-	-	-0.335	-0.707	SDSS	36.53	TO
UZC-CG188c	-	-	-	-	SDSS	45.99	AGN
UZC-CG189b	0.329	-	-0.969	-	Z-Mach	3.05	SFN
UZC-CG189c	0.492	-1.632	-1.314	-0.676	SDSS	12.01	SFN
UZC-CG190a	0.358	-	-0.987	-0.534	FAST	6.10	SFN
UZC-CG190b	0.129	-	-0.665	-0.392	FAST	10.32	SFN
UZC-CG190c	0.314	-	-0.725	-0.483	FAST	9.25	SFN
UZC-CG191a	-	-	-	-	FAST	15.47	AGN
UZC-CG191c	0.232	-	-0.793	-0.426	Z-Mach	2.79	SFN
UZC-CG192a	-0.316	-1.601	-0.476	-0.427	SDSS	29.48	SFN
UZC-CG192b	0.546	-0.912	-0.178	-0.366	SDSS	54.59	AGN
UZC-CG192c	-0.167	-1.225	-0.550	-0.166	SDSS	17.78	SFN
UZC-CG192d	-0.114	-1.639	-0.398	-0.388	SDSS	43.12	SFN
UZC-CG192e	-	-	-	-	Z-Mach	15.45	AGN
UZC-CG193c	0.491	-0.539	0.338	0.215	SDSS	41.17	AGN
UZC-CG194a	-	-	-	-	Z-Mach	6.08	AGN
UZC-CG194b	0.818	-	0.277	0.146	FAST	8.80	AGN
UZC-CG194c	-	-	0.136	-	FAST	10.24	AGN
UZC-CG194f	-0.306	-	-0.512	-0.572	FAST	5.77	SFN
UZC-CG1971	-	-	-	-	FAST	14.39	AGN
UZC-CG198a	-	-	0.340	-0.012	SDSS	36.50	AGN
UZC-CG198c	-	-	-	-	SDSS	49.77	AGN
UZC-CG199a	-0.295	-1.359	-0.221	-0.487	SDSS	29.53	TO
UZC-CG199b	0.293	-1.706	-0.882	-0.645	SDSS	26.84	SFN
UZC-CG200a	-0.455	-1.449	-0.323	-0.576	SDSS	35.78	SFN
UZC-CG200b	1.012	-0.943	-0.104	-0.343	SDSS	51.05	AGN
UZC-CG200c	-	-	-0.169	-0.523	SDSS	29.80	TO
UZC-CG201a	-0.419	-	-0.234	-0.427	SDSS	26.36	TO
UZC-CG201b	-	-	0.096	-0.628	SDSS	51.46	AGN
UZC-CG201c	-0.306	-	-0.268	-0.654	SDSS	41.96	TO
UZC-CG203a	-	-	-	-	Z-Mach	12.20	AGN
UZC-CG203b	-	-	0.155	-	Z-Mach	7.21	AGN
UZC-CG204a	-0.330	-	-0.344	-0.463	FAST	18.64	SFN
UZC-CG204b	-	-	-	-	SDSS	30.64	AGN
UZC-CG204c	-	-	-0.110	0.193	FAST	11.58	TO/AGN
UZC-CG205a	-	-	-	-	FAST	9.07	AGN

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG205b	-	-	-0.156	-	Z-Mach	2.48	TO
UZC-CG205d	0.811	-	-0.136	-	Z-Mach	10.63	AGN
UZC-CG206a	-	-	-0.438	-	Z-Mach	2.57	SFN
UZC-CG206b	-	-	-0.537	-0.362	Z-Mach	2.25	SFN
UZC-CG207a	-	-	0.246	-	Z-Mach	6.33	AGN
UZC-CG207c	-0.477	-	-0.277	-	Z-Mach	6.87	TO
UZC-CG207d	0.680	-1.009	0.368	-0.004	SDSS	47.43	AGN
UZC-CG208a	0.313	-	-0.258	-0.128	FAST	5.80	TO/AGN
UZC-CG209a	-	-	-0.277	-	Z-Mach	4.39	TO
UZC-CG209c	-	-	-	-	FAST	11.38	AGN
UZC-CG211a	-0.620	-1.794	-0.433	-0.680	SDSS	32.91	SFN
UZC-CG211b	-	-	-	-	SDSS	47.74	AGN
UZC-CG211c	0.523	-0.328	0.373	0.261	SDSS	53.99	AGN
UZC-CG212b	-	-	-	-	Z-Mach	9.34	AGN
UZC-CG212d	-	-	-	-	Z-Mach	6.47	AGN
UZC-CG213d	-	-	-1.082	-	Z-Mach	1.24	SFN
UZC-CG214a	-0.551	-1.614	-0.354	-0.495	SDSS	36.56	SFN
UZC-CG214b	-	-	-	-	Z-Mach	9.34	AGN
UZC-CG214c	0.001	-1.602	-0.493	-0.305	SDSS	19.83	SFN
UZC-CG214f	-	-	-0.317	-	Z-Mach	4.09	TO
UZC-CG215a	-0.305	-1.755	-0.482	-0.403	SDSS	21.79	SFN
UZC-CG215b	-0.558	-	-0.302	-0.612	SDSS	44.97	SFN
UZC-CG216b	-	-	0.559	-	SDSS	20.79	AGN
UZC-CG216c	-	-	0.694	0.242	SDSS	54.07	AGN
UZC-CG218a	-0.051	-	-0.370	-	Z-Mach	1.93	TO
UZC-CG219a	0.874	-	-0.784	-0.416	Z-Mach	2.47	AGN
UZC-CG219b	-	-	-0.225	-	Z-Mach	3.34	TO
UZC-CG219c	-	-	-	-	Z-Mach	8.30	AGN
UZC-CG220a	-	-	-0.192	-	Z-Mach	7.80	TO
UZC-CG220b	-	-	-0.494	0.099	Z-Mach	5.29	SFN
UZC-CG220c	-	-	-0.290	-	Z-Mach	7.96	TO
UZC-CG221a	-0.700	-	-0.407	-	Z-Mach	5.77	SFN
UZC-CG221b	-	-	-0.633	-0.078	Z-Mach	4.76	SFN
UZC-CG221d	-	-	-0.110	-0.536	SDSS	51.31	TO
UZC-CG222a	0.336	-	-0.933	-0.439	FAST	6.67	SFN
UZC-CG222b	-0.147	-	-0.469	-0.511	FAST	4.55	SFN

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG222c	0.290	-	-1.136	-0.494	FAST	17.30	SFN
UZC-CG223a	-0.244	-	-0.277	-0.369	SDSS	25.80	TO
UZC-CG224a	-0.035	-1.423	-0.624	-0.243	SDSS	23.09	SFN
UZC-CG224c	-0.066	-1.958	-0.561	-0.517	SDSS	22.45	SFN
UZC-CG224d	-0.247	-1.963	-0.459	-0.363	SDSS	29.63	SFN
UZC-CG225a	-	-	-0.095	-	SDSS	76.47	AGN
UZC-CG225c	-	-	0.656	-	SDSS	73.00	AGN
UZC-CG226b	-0.526	-	-0.456	-0.502	SDSS	35.85	SFN
UZC-CG226c	-	-	-	-	SDSS	78.08	AGN
UZC-CG227a	-0.025	-	-0.510	-0.242	SDSS	32.36	SFN
UZC-CG227b	0.608	-0.799	0.102	0.133	SDSS	56.95	AGN
UZC-CG227c	-0.219	-1.703	-0.210	-0.452	SDSS	60.06	TO
UZC-CG230a	-	-	-	-	SDSS	39.75	AGN
UZC-CG230c	-0.379	-	-0.359	-0.628	SDSS	36.88	SFN
UZC-CG230d	-0.435	-	-0.367	-0.172	SDSS	25.44	SFN
UZC-CG230e	0.481	-1.257	0.076	-0.101	SDSS	44.91	AGN
UZC-CG231a	-	-	-0.452	-0.920	SDSS	31.48	SFN
UZC-CG232a	-	-	-	-	SDSS	51.91	AGN
UZC-CG232c	-0.460	-1.687	-0.101	-0.677	SDSS	47.96	TO
UZC-CG233a	0.390	-1.164	-0.464	-0.349	SDSS	17.78	TO/AGN
UZC-CG233c	0.520	-	0.058	-0.217	SDSS	26.58	AGN
UZC-CG234a	-	-	-0.359	-0.433	Z-Mach	2.88	TO
UZC-CG234b	0.140	-0.378	-0.197	-0.065	FAST	7.11	TO/AGN
UZC-CG234c	0.211	-	0.115	-0.328	Z-Mach	12.65	AGN
UZC-CG235a	-	-	-0.442	-0.510	Z-Mach	5.58	SFN
UZC-CG235b	-0.095	-	-0.475	-	Z-Mach	3.76	SFN
UZC-CG235c	-	-	-0.488	-0.351	Z-Mach	6.39	SFN
UZC-CG236a	0.198	-1.396	-0.624	-0.434	SDSS	24.71	SFN
UZC-CG236b	0.286	-1.724	-0.762	-0.589	SDSS	29.39	SFN
UZC-CG236c	0.826	-	0.422	0.201	SDSS	51.42	AGN
UZC-CG237a	-0.174	-	-0.468	-0.500	Z-Mach	6.33	SFN
UZC-CG237b	-0.141	-	-0.584	-0.426	Z-Mach	4.88	SFN
UZC-CG240a	-	-	0.116	-	FAST	10.96	AGN
UZC-CG240b	-	-	-0.481	-	Z-Mach	7.75	SFN
UZC-CG240d	-	-	0.375	-	Z-Mach	9.36	AGN
UZC-CG242a	-0.321	-2.039	-0.445	-0.579	SDSS	34.94	SFN

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG242b	0.055	-1.457	-0.630	-0.363	SDSS	19.95	SFN
UZC-CG242c	-	-	-0.393	-0.247	Z-Mach	4.96	TO
UZC-CG244b	-	-	0.021	-	FAST	8.62	AGN
UZC-CG244c	-	-	-0.081	-	FAST	10.59	AGN
UZC-CG244d	-0.137	-	-0.238	-0.596	FAST	5.63	TO
UZC-CG245a	0.963	-	0.863	0.684	SDSS	53.79	AGN
UZC-CG245c	-	-	0.463	-	FAST	19.56	AGN
UZC-CG247a	0.354	-	-0.338	-	Z-Mach	2.10	TO
UZC-CG247c	-0.476	-	-0.150	-0.279	FAST	5.66	TO
UZC-CG248b	-0.116	-	-0.174	-0.546	SDSS	38.56	TO
UZC-CG248c	0.256	-	-0.279	-0.539	SDSS	39.57	TO
UZC-CG249a	-	-	-	-	SDSS	36.44	AGN
UZC-CG249c	-	-	-	-	SDSS	47.41	AGN
UZC-CG250a	-0.683	-1.606	-0.458	-0.584	SDSS	25.51	SFN
UZC-CG250c	-	-	-0.088	-0.689	Z-Mach	5.10	AGN
UZC-CG251a	-0.564	-1.849	-0.182	-0.512	SDSS	39.48	TO
UZC-CG252a	-0.068	-	0.013	0.298	FAST	13.79	AGN
UZC-CG252c	-0.262	-	-0.125	-0.232	FAST	8.26	TO
UZC-CG254a	0.123	-	-0.371	-0.306	FAST	3.78	TO
UZC-CG254c	-0.314	-	-0.167	-0.383	FAST	10.23	TO
UZC-CG255a	-	-	-0.039	-	Z-Mach	4.25	AGN
UZC-CG256a	-0.091	-	-0.354	-0.401	FAST	7.38	TO
UZC-CG256b	0.548	-	-0.130	-0.118	FAST	6.72	AGN
UZC-CG262a	-	-	-0.470	-	FAST	15.39	SFN
UZC-CG262b	-0.116	-	-0.269	-0.496	FAST	10.53	TO
UZC-CG263a	-	-	-0.304	-	Z-Mach	3.76	TO
UZC-CG263b	-	-	0.157	-	Z-Mach	12.45	AGN
UZC-CG263c	-	-	-0.178	-	Z-Mach	2.91	TO
UZC-CG264a	-	-	-	-	Z-Mach	12.47	AGN
UZC-CG264b	-	-	-	-	Z-Mach	10.13	AGN
UZC-CG264c	0.255	-	-0.375	-0.867	Z-Mach	1.78	TO
UZC-CG267a	0.653	-	-0.366	-0.404	Z-Mach	4.48	AGN
UZC-CG270a	0.090	-	-0.714	-0.333	Z-Mach	3.12	SFN
UZC-CG270b	-0.278	-	-0.151	-0.382	FAST	12.36	TO
UZC-CG270c	-	-	-0.242	-0.554	Z-Mach	7.41	TO
UZC-CG271a	-	-	-0.114	-	Z-Mach	10.96	TO

Tabla 6.1: continuación.

Id.	$\log \frac{[OIII]}{H\beta}$	$\log \frac{[OI]}{H\alpha}$	$\log \frac{[NII]}{H\alpha}$	$\log \frac{[SII]}{H\alpha}$	Archivo	S/N	Clas.
UZC-CG271b	-0.166	-	-0.358	-0.963	Z-Mach	2.70	TO
UZC-CG272b	0.784	-	-0.241	0.120	FAST	26.12	AGN
UZC-CG272c	0.580	-1.052	0.335	0.255	SDSS	62.69	AGN
UZC-CG272d	-	-	-	-	SDSS	58.84	AGN
UZC-CG272f	1.708	-	0.277	-	Z-Mach	9.19	AGN
UZC-CG273a	-	-	-	-	Z-Mach	6.32	SFN
UZC-CG273c	-	-	-0.024	-0.166	Z-Mach	5.42	AGN
UZC-CG281f	-	-	0.172	-	FAST	11.85	AGN
UZC-CG282a	-0.496	-	-0.505	-0.768	FAST	8.65	SFN
UZC-CG282b	0.773	-	0.440	-	Z-Mach	3.42	AGN
UZC-CG282c	-	-	-	-	FAST	22.25	AGN
UZC-CG282d	-	-	0.449	-	FAST	16.65	AGN
UZC-CG284a	-	-	0.660	-	FAST	20.71	AGN
UZC-CG284b	-	-	0.305	-	Z-Mach	8.85	AGN
UZC-CG284c	-0.064	-	-0.259	-0.266	FAST	14.36	TO
UZC-CG286a	0.415	-	-0.509	-0.533	Z-Mach	2.51	TO
UZC-CG286b	0.104	-	-0.325	-0.229	Z-Mach	2.35	TO/AGN
UZC-CG286c	-0.224	-	-0.798	-0.468	Z-Mach	1.71	SFN
UZC-CG290a	-0.409	-	-0.328	-0.656	Z-Mach	18.90	SFN
UZC-CG290b	0.062	-	-0.443	-0.508	Z-Mach	7.40	SFN
UZC-CG290c	-0.771	-	-0.423	-	Z-Mach	11.33	SFN

## Capítulo 7

# AGNs CON COMPONENTE ANCHA EN GCs

Como ya vimos en la introducción, del espectro óptico de los AGNs, uno puede distinguir dos grandes tipos: aquellos que muestran solo líneas estrechas que llamamos NLAGNs y que incluye los Sy2, LINERs y LLAGNs y los que tienen además líneas anchas que denominamos BLAGNs y son los que van desde Sy1 a Sy1.9 pasando por todos los tipos intermedios. Fenomenológicamente no está claro la distinción entre estos dos tipos de AGNs. Basándose en variación espectral (o la falta de ella), la región que produce las líneas estrechas (NLR) es más extendida y está situada más lejos del agujero negro central y su disco de acreción que la zona dónde se producen las líneas anchas (BLR). El modelo unificado (Antonucci 1993), asume que todos los AGNs son intrínsecamente lo mismo y que la BLR en los NLAGNs está escondida detrás de un anillo de gas y polvo ópticamente grueso. De acuerdo con este modelo, muchas observaciones de NLAGNs han revelado, gracias a la espectroscopía polarizada, BLR escondidas (Antonucci 1993); pero no todos los NLAGNs observados con esta técnica han mostrado dichas estructuras (ver por ejemplo los trabajos de Tran 2001, 2003; Laor 2003; Shu et al. 2007). Esto sugiere que en algunos NLAGNs la BLR no existe. Esto es consistente al mismo tiempo con otros modelos alternativos donde la tasa de acreción, y por tanto la luminosidad del AGN, juega un papel crucial a la hora de determinar la presencia o no de una BLR (Nicastro 2000; Nicastro et al. 2003; Elitzur & Shlosman 2006).

Una forma de resolver este dilema es estudiar la conexión entre la presencia de un AGN y su entorno. De acuerdo con el modelo unificado, no se esperaría encontrar ninguna diferencia en el número de AGNs para distintos entornos pero los trabajos realizados hasta ahora muestran resultados contradictorios. Mientras que algunos autores encuentran que los Sy2 están en entornos más ricos que los Sy1 (de Robertis et al. 1998), otros no encuentran tales diferencias (Schmitt 2001, ver referencias allí). En los trabajos realizados más recientemente, el entorno se divide entre pequeña (hasta 1kpc) y gran escala (hasta 1Mpc). A gran escala no se encuentra diferencia entre el entorno y número de Sy1 y Sy2 pero a

Tabla 7.1: Identificación de los BLAGNs

Nombre	Origen	Tipo	FWHM( $H_{\alpha}$ ) (km/s)	FWHM( $H_{\beta}$ ) (km/s)
HCG 5a	CAHA	1.9	1056	-
HCG 91a	6dF	1.2	3271	3516
UZC-CG 84c	SDSS	1.9	2727	-
UZC-CG 89b	SDSS	1.9	2159	-
UZC-CG 109b	SDSS	1.8	1902	1499
UZC-CG 117a	SDSS	1.9	2351	-
UZC-CG 132b	FAST	1.9	3055	-
UZC-CG 139b	SDSS	1.9	1941	-
UZC-CG 232c	SDSS	1.8	2258	1689
UZC-CG 234b	FAST	1.9	1328	-

pequeña escala si. Sorrentino et al. (2006)[SRR06] encuentra una relación entre Sy1/Sy2 de 67 % casi constante para sistemas aislados y grupos de hasta 10 galaxias miembro pero a escalas menores de 100kpc encuentran el doble de Sy2 que de Sy1. También a pequeña escala Dultzin-Hacyan et al. (1999); Koulouridis et al. (2006); Li et al. (2006) encuentran que la fracción de Sy2 con compañeras cercanas es estadísticamente más alta que la fracción de Sy1.

En este capítulo mostraremos, usando las dos muestras de grupos compactos estudiados en esta tesis, que en estos entornos tan característicos hay un mayor número de NLAGNs que de BLAGNs y por lo tanto de Sy2 frente a Sy1. Este resultado, que estaría en desacuerdo con el modelo unificado, sugiere que las fuerzas de interacción del grupo sobre la galaxia que alberga el AGN, pueden hacer que las BLR disminuya por debajo del límite de detección o incluso llegue a desaparecer.

## 7.1. Datos

Para llevar a cabo este estudio hemos utilizado dos muestras de grupos compactos. Para la muestra de HCG (Cap. 5) tenemos información espectroscópica para 269 galaxias de las que 168 muestran algún tipo de emisión. En el catálogo del UZC-CGs (Cap. 6) nos vamos a restringir solo a los espectros procedentes de la base de datos de Sloan y FAST puesto que ya hemos visto que son los de mejor calidad y para detectar y medir la componente ancha se necesitan espectros con alta S/N. La muestra de UZC-CG se restringe a 397 galaxias (210 de Sloan y 187 de FAST) con un total de 274 emisiones.

La búsqueda de BLAGNs en ambas muestras se hizo primero de manera visual y luego se verificó si realmente un ajuste con cuatro gaussianas, tres en las componentes estrechas del

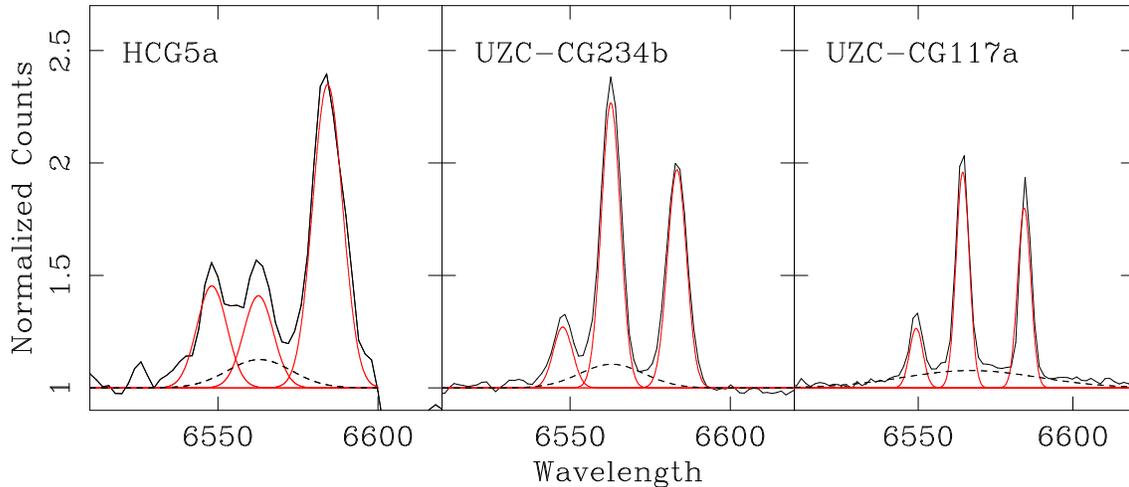


Figura 7.1: Tres ejemplos de BLAGN, uno de la muestra de HCG, otro de la muestra de UZC-CG de Sloan y otro de FAST.

triplete  $[\text{NII}]6548\text{\AA}$ ,  $\text{H}\alpha$ ,  $[\text{NII}]6563\text{\AA}$  y una cuarta centrada en  $\text{H}\alpha$  daban un ajuste mejor que el de tres gaussianas. Este ajuste de multiples gaussianas se realizó con la tarea NGAUSSFIT de IRAF. Para las componentes estrechas se fijó la FWHM que se obtuvo del doblete del azufre  $[\text{SII}]\lambda\lambda 6717\text{\AA}, 6731\text{\AA}$  o del  $[\text{OIII}]\lambda 5007$  en su defecto. La FWHM de la cuarta gaussiana se dejó libre. En todos los casos en los que una cuarta gaussiana era necesaria para un mejor ajuste, la FWHM era mayor de  $500\text{km/s}$  que es el límite que estableció Osterbrock (1989) para los BLAGNs. Tras este análisis se encontró en la muestra de los HCG dos BLAGNs (HCG: 5a, 91a) y en la muestra de UZC-CG ocho (UZC-CG: 84c, 89b, 109b, 117a, 132b, 139b, 232c y 234b). En la Tabla 7.1 se encuentra para cada BLAGN, la procedencia, su tipo siguiendo la clasificación de Osterbrock (1989), y la FWHM de  $\text{H}\alpha$  y  $\text{H}\beta$ . Hay que destacar que solo tenemos un AGN tipo 1.2 (H91a) y el resto serían tipo 1.8 (UZC-CG109b, UZC-CG232c) y tipo 1.9 que algunos autores incluso consideran de propiedades más cercanas a las Sy2. En la Figura 7.1 se muestra un ejemplo del HCG (H5a) y dos del UZC-CG uno de la base de datos Sloan (117a) y el otro de FAST (234b).

El porcentaje de BLAGNs sobre la muestra completa son  $0.7\%$  para la muestra de HCG y  $2.2\%$  para la de UZC-CG con el ajuste de las cuatro gaussianas, en rojo se muestran las de las 3 componentes estrechas y línea discontinua la del a componente ancha.

La clasificación espectral para las galaxias de ambas muestras está en los dos capítulos anteriores a este. Aquí simplemente se muestra en la Tabla 7.2 un resumen de la clasificación para la toda la muestra de HCG, para la submuestra de UZC-CG (solo datos de Sloan y FAST) y para tres muestras de comparación que hemos escogido. En primer lugar la muestra de HFS97 para la que los autores también hicieron un estudio de BLAGNs (Ho et al. 1997b). En segundo lugar la muestra de Hao05 puesto que usa también espectros de Sloan, usamos

Tabla 7.2: Clasificación nuclear para galaxias con líneas de emisión.

Sample	Total	SFNG	TO	NLAGN			BLAGN	$\frac{\text{BLAGN}}{\text{NLAGN}}$	$\frac{\text{Sy1}}{\text{Sy2}}$
				Sy2	LINER	LLAGN			
HCG	167	57	32	24	35	17	2	2.6 %	8.3 %
UZC-CG	274	83	50	43	11	79	8	6 %	18.6 %
HFS97	353	124	75	46	80	-	28	22 %	61 %
Hao05	-	-	7626	2424	650	-	1317	43 %	54 %
SRR06	-	-	-	1104	-	-	725	66 %	-

su mismo método y autovectores para sustraer la componente estelar y tiene también una muestra de BLANGs y NLAGN. Por último hemos escogido la muestra de SRR06 que también usa espectros de Sloan pero no efectúa ninguna corrección por la contaminación de la galaxia subyacente, y aún así su porcentaje de BLAGNs es el más alto de todas las muestras.

Para cada muestra dada en la columna 1, se da el número de emisiones (columna 2), el número de SFN y TOs (columna 3 y 4), el número de Sy2, LINERs y LLAGNs (columnas 5, 6 y 7) que juntas constituyen el total de los NLAGNs. En la columna 8 y 9 están las fracciones de BLAGNs sobre NLAGNs y de Sy1 sobre Sy2, considerando como Sy1 cualquier AGN que pueda tener una componente ancha (independientemente de que su clasificación sea tipo 1.8 o 1.9).

## 7.2. Relación de los BLAGNs frente NLAGNs en GC

La fracción de los BLAGNs sobre los NLAGNs en nuestras dos muestras es muy pequeña, 2.6 % para los HCGs y 6 % para los UZC-CGs. También es muy baja la proporción de Sy1 frente a Sy2: 8.3 % para los HCGs y 18.6 % para los UZC-CGs. Por comparación Hao05 encontraron sobre una muestra de galaxias cercanas ( $z < 0.33$ ) cubriendo cuatro ordenes de magnitud en luminosidad, que la relación BLAGN/NLAGN es de un 43 % y entre Sy1/S2 de un 54 %, lo que está muy por encima de lo que nosotros encontramos.

La luminosidad media en  $H_\alpha$  tanto de los BLAGNs como de los NLAGNs en nuestras dos muestras de CGs está en torno a  $10^{39}$ , típicamente en la parte menos luminosa de la función de luminosidad de los AGNs. Este valor es comparable con la luminosidad media observada por HFS97 en galaxias del universo local. Excepto para algunas galaxias pertenecientes al cúmulo de Virgo, las galaxias de la muestra de HFS97 están en entornos de baja densidad (ya sean grupos dispersos o sistemas aislados). Para poder comparar la muestra de HFS97 con nuestras dos muestras lo primero que tenemos que hacer es equiparar la clasificación. Para la muestra de BLAGNs, escogemos aquellos en los que según Ho et al. (1997b) la detección de la componente ancha es definitiva y no aquellas cuya componente ancha es

solo probable o posible. El resto de las galaxias con algún tipo de emisión las reclasificamos usando nuestros criterios.

Los resultados están en la Tabla 7.2 que acabamos de explicar. La fracción de BLAGNs frente a NLAGNs en la muestra de HFS97 es del 22 % y la de Sy1/S2 es del 61 %. Asumiendo que las altas luminosidades favorecen la detección de BLAGN, la relación encontrada en la muestra de HFS97 es comparable a la encontrada por Hao05. Por lo tanto en nuestra muestra hay una deficiencia de BLAGNs comparado con las NLAGNs, que también se ve en la diferencia entre Sy1 y Sy2. Este déficit es todavía más intrigante si tenemos en cuenta que no hay déficit de AGNs en los grupos compactos: 47 % de las emisiones son AGNs puros en los HCGs, 51 % en los UZC-CGs y 44 % en la muestra HFS97.

### 7.3. Posibles sesgos y límites de detección

Según los resultados mostrados hasta ahora existe un gran déficit de BLAGNs en nuestras dos muestras de grupos compactos comparado con lo que se encuentra en otros entornos. Para verificar que la falta de BLAGNs en los CGs no es debida a diferencias en la observación, reducción o métodos de análisis, hemos investigado cada una de estas posibilidades para descartar cualquier sesgo y asegurar que la deficiencia de BLAGN en los grupos compactos es real.

#### Resolución Espectral

Para nuestras dos muestras de grupos compactos tenemos datos de cuatro observatorios y dos archivos con una resolución entre  $3.5\text{\AA}$  y  $6\text{\AA}$ . En las muestras de comparación los espectros de mejor resolución son los de la muestra de HFS97 pero curiosamente su porcentaje de BLAGN es bastante parecido al encontrado por Hao05 o SRR06 con una resolución más parecida a la nuestra. Además en Ho et al. (1997b) hicieron un estudio degradando la resolución de sus espectros a  $5\text{\AA}$  y  $10\text{\AA}$  para ver como cambiaría la detección de BLAGNs y comprobaron que los resultados obtenidos eran similares. Estas resoluciones son comparables a las muestras:  $4\text{\AA}$  en CAHA y OSN,  $8\text{\AA}$  en ORM y SPM,  $3.5\text{\AA}$  en SDSS y  $6\text{\AA}$  en FAST. Tanto Hao05 como SRR06 tienen una resolución de  $3.5\text{\AA}$  como todos los espectros de Sloan.

La prueba más evidente de que la falta de BLAGNs no es un efecto de resolución, es que en el caso de la muestra del UZC-CG, la mitad de los espectros vienen de la base de datos de Sloan, al igual que los de Hao05 y los de SRR06 y además han sido tratados de la misma forma que los de Hao05 (hemos usado los mismos “autoespectros” para la sustracción de la componente estelar) y los resultados son completamente diferentes. La relación BLAGN/NLAGN para los espectros de Sloan de la muestra UZC-CG es de un 8 % comparado con el 43 % de la muestra de Hao05. Ya podemos descartar cualquier efecto debido a

Tabla 7.3: Resoluciones espectrales

Datos	Resolución
CAHA & OSN	4Å
ORM & SPM	8Å
Sloan	3.5Å
FAST	6Å
HFS97	2.5Å
Hao05	3.5Å
SRR06	3.5Å

una diferencia en resolución espectral.

### Relación Señal a Ruido

Como ya hemos mencionado anteriormente, es importante tener espectros con una alta S/N para poder detectar componentes anchas débiles, por eso, en la muestra de UZC-CG hemos descartado los espectros del archivo de Z-Machine que ya hemos visto que eran menos eficientes a la hora de detectar emisiones. El resto de los datos tiene S/N en el continuo comparable. De media, la S/N de los AGNs de nuestra muestra es 60 con máximos de 120. Esto es comparable a Hao05 y SRR06. HFS97 no tiene publicado los valores de S/N. Sin embargo, sus porcentajes de BLAGNs son comparables a los de Hao05 y SRR06, sugiriendo que la diferencia tampoco puede ser debida a este rasgo.

### Contaminación de la luz de la galaxia

Tampoco hay evidencia de una mayor contaminación de la galaxia como vamos a explicar a continuación. Teniendo en cuenta la apertura de la rendija y la distancia de las galaxias observadas tenemos:

- Para el UZC-CG con una apertura de 3 segundos de arco tanto para FAST como para Sloan, la muestra de AGNs puros va desde 1439 km/s a 10088 km/s esto da un valor mediano de 1.3 kpc de galaxia dentro de la rendija.
- Para la muestra del HCG tenemos por un lado los datos de CAHA y ORM en los que se ha extraído 1kpc, por otro lado los espectros del OSN y SPM que tienen aperturas mayores, en total nos sale una mediana también de 1.3kpc.
- En la muestra HFS97 con una apertura de 4 segundos de arco y una muestra de AGNs situados en un rango de velocidad desde 53 km/s a 6870 km/s obtenemos una apertura mediana de 0.5kpc.

Tabla 7.4: Distribución Morfológica

Morf.	HCG	(%)	UZC-CG	(%)	HFS97	(%)
E-S0	151	54	244	34	101	25
S0a-Sbc	90	32	397	55	153	39
Sc-Irr	41	14	79	11	141	36

- Para la muestra de Hao05 que también tiene datos de Sloan y por lo tanto una apertura de 3 segundos de arco, como sus AGNs cubren un rango mayor, de 600 km/s a 90000 km/s, su apertura mediana es de 7kpc.

Para evitar los efectos de la contribución de la galaxia se realiza la sustracción del *template* que simulan la población estelar de la galaxia anfitriona dejando solo la contribución del núcleo (ver Sección 4.3). Esta sustracción es lo que permite que el porcentaje de BLAGNs en la muestra de HFS97 y en la de Hao05 sean similares teniendo aperturas tan diferentes. Nosotros, como hemos visto en capítulos anteriores, también hemos realizado una sustracción de la componente estelar para todas las galaxias de la muestra de HCG y para los espectros de Sloan por lo que la apertura no nos puede estar influyendo.

En el caso de los 187 espectros de FAST donde no hemos realizado ninguna sustracción de la componente estelar, podemos estimar que porcentaje de BLAGNs estamos perdiendo y ver si aumentaríamos así nuestra relación BLANGs/NLAGNs a la que se encuentra en otros entornos. Para calcularla usamos la muestra de espectros de Sloan en los que antes de la sustracción de la componente había 6 BLAGNs y después de la sustracción el número aumentó a ocho, es decir antes de la sustracción la tasa BLAGN/NLAGN era de 4.9% (4/81) y después 7.6% (6/79) aumentando en un 2.7%. En el caso de FAST tenemos 104 espectros que muestran emisiones de los que 54 corresponden a NLAGNs(6 Sy2, 3 LINERs y 45 LLAGNs) y 2 BLAGNs (es decir 3.7%). Si después de la sustracción el número de BLAGNs aumenta un 2.7% esto implica que aparecerían, como mucho, dos BLAGNs entonces en la muestra de UZC-CG tendríamos una tasa de BLAGNs/NLAGNs de 7.5% que sigue estando muy lejos del 22% de HFS97 y de las otras muestras.

De todas formas aunque la contaminación de la galaxia puede influir a la hora de detectar BLAGNs, hay que destacar que la muestra de SRR06 con espectros de Sloan que tienen  $z$  mayores y por lo tanto mayor contaminación de la galaxia, no están corregidos de dicha contribución y su porcentaje es similar al encontrado por HFS97 y Hao05.

Además hemos comprobado tanto para nuestras dos muestras como para las muestras de comparación, que la frecuencia de BLAGNs es constante con la distancia, es decir, que las galaxias más cercanas no tienen más BLAGNs o que no estamos perdiendo BLAGNs por observar galaxias más alejadas.

### Distribución morfológica

Tabla 7.5: Actividad nuclear por tipos morfológicos

Muestra	E-S0		S0a-Sbc			Sc-Irr	
	$f_E$	$\frac{\text{BLAGN}}{\text{NLAGN}}$	$\frac{\text{Sy1}}{\text{Sy2}}$	$f_{Se}$	$\frac{\text{BLAGN}}{\text{NLAGN}}$	$\frac{\text{Sy1}}{\text{Sy2}}$	$f_{Sl}$
HCG	54 %	-	-	32 %	6 %	18 %	14 %
UZC	34 %	2 %	8 %	55 %	9 %	25 %	11 %
HFS97	25 %	25 %	86 %	39 %	19 %	56 %	36 %

Para demostrar que el bajo número de Sy1 encontrado no es debido a una diferencia en morfología como sugería Schmitt (2001) vamos a dividir nuestras dos muestras y la de HFS97 en tres rangos de morfología: tipos tempranos (E-S0), espirales de tipo temprano (S0a-Sbc) y espirales tardías ( $\geq$ Sc). Para homogeneizar el tipo morfológico hemos sacado la clasificación morfológica de las tres muestras de la base de datos Hyperleda (Paturel et al. 2003). En la Tabla 7.4 tenemos para nuestras dos muestras de Grupos Compactos y para la muestra de HFS97, la distribución en morfología. En la Tabla 7.5 damos la relación BLAGNs/NLAGNs y Sy1/S2 para los dos primeros rangos morfológicos porque en espirales tardías nos se encuentran BLAGNs. En la muestra HFS97, la relación BLAGN/NLAGN es marginalmente mayor en galaxias tempranas y la de Sy1/Sy2 es significativamente más grande lo que indica un incremento de los BLAGNs en las galaxias de tipo más temprano. Siguiendo esta tendencia, como los grupos compactos son entornos dominados por galaxias de tipo temprano, entonces el porcentaje de BLAGNs debería ser mayor que en otros entornos y sin embargo sucede todo lo contrario, en nuestras dos muestras de grupos compactos estos porcentajes son más grandes en tipos tardíos.

### Galaxias masivas

Una línea de igual anchura y luminosidad sería más difícil de detectar en una galaxia más masiva, si nuestras muestras contienen galaxias más masivas esto podría explicar la deficiencia de BLAGNs, sin embargo ya se ha visto que las galaxias en grupos compactos no son especialmente masivas (Hickson et al. 1989; Focardi & Kelm 2002). Puesto que la masa de una galaxias está ligada con su luminosidad, en la Tabla 7.6 se comparan las magnitudes absolutas de las galaxias de nuestros grupos y de HFS97 que albergan AGNs.

Tabla 7.6: Luminosidades de las galaxias que albergan AGNs

$M_B$	HCG	UZC-CG	HFS97
Rango	(-18.09, -22.16)	(-17.46,-22.47)	(-15.10,-23.28)
Mediana	-20.53	-20.67	-20.71

Tabla 7.7: Distribución de luminosidad en  $H\alpha$  para los AGNs

Actividad	HCG		UZC-CG		HFS97	
	Rango	Mediana	Rango	Mediana	Rango	Mediana
BLAGN-narrow	-	39.21	(38.28-39.86)	39.32	(37.70-41.27)	39.34
BLAGN-broad	-	39.38	(38.41-40.46)	39.73	(38.14-41.85)	39.19
Sy2	(38.20-39.60)	38.75	(37.63-40.47)	38.80	(37.27-41.61)	38.85
LINERs	(36.84-39.37)	38.65	(38.17-39.71)	38.94	(36.82-40.37)	38.63
LLAGNs	(37.38-39.64)	38.62	(37.39-39.68)	38.58	(38.06-39.29)	-

Nuestros grupos compactos como ya se había dicho, no contienen galaxias más masivas (es decir, más luminosas).

### Límite de detección

También hemos descartamos la hipótesis de una menor sensibilidad a la hora de detectar BLAGNs en nuestras muestras. Comparando la luminosidad media en  $H\alpha$  de los diferentes tipos de galaxias en nuestras muestras con la de HFS97, una baja sensibilidad se traduciría en valores más altos en nuestras muestras de CGs y esto no se observa. En HFS97 la luminosidad en  $H\alpha$  es  $\log(H\alpha=38.72\text{erg s}^{-1})$ . Nuestros valores son comparables,  $38.98\text{erg s}^{-1}$  para la muestra de HCGs y  $38.79\text{erg s}^{-1}$  para la del UZC-CG. En la tabla 7.7 tenemos para nuestras dos muestras y la de HFS97 el rango en Luminosidad de  $H\alpha$  y su mediana. Solo 17 objetos de la muestra HFS97 tiene información de la luminosidad de la componente ancha de  $H\alpha$ . Los valores de  $H\alpha$  que da HFS97 hay que tomarlos con cuidado puesto que 80 objetos de las 353 emisiones tienen  $H\alpha/H\beta < 3$  y también ocurre en los BLAGN donde 13 de 28 tienen  $H\alpha/H\beta < 3$  lo que significa que la  $H\alpha$  está subestimada por lo que el rango de BLAGN-estrecha puede ser mayor. Aun así los rangos y las medianas son comparables.

Vamos a ver si somos capaces de detectar una BLAGN como los de HFS97. Para ello elegimos un BLAGN de la muestra de Ho con una FWHM pequeña, NGC841 con FWHM=1350km/s. Esta galaxia tiene una Mb=-21.27 y el logaritmo de la luminosidad de [NII] es 39.33. Construimos un espectro sintético, usando MK1DSPEC y MKNOISE de IRAF, similar a nuestros espectros pero solo con una línea  $H\alpha$  ancha como la de NGC841. Buscamos en nuestros espectros una galaxia de características similares pero que no muestre ningún tipo de componente ancha, esta será UZC111b con Mb=-21.12 y  $\log L[\text{NII}]=39.12$ , y le sumamos el espectro sintético anterior. Realizamos la sustracción de la componente estelar e intentamos ajustar la región de  $H\alpha$ . Como era de esperar, el ajuste de cuatro gaussianas es mejor ( $\chi^2=2.74$ ) que el de tres ( $\chi^2=7.25$ ) y recuperamos una FWHM=1488km/s.

Puesto que parece que si que podríamos detectar las mismas BLAGNs que en HFS97a, lo siguiente es dar un límite de detección a cada una de nuestras muestras de forma similar a como lo hizo Ho et al. (1997b). Se escogió de cada configuración instrumental un espectro

con buena S/N para estar seguro que no tenía ninguna componente ancha escondida (H93a en CAHA, H44c en SPM, H67d en el ORM y H59a para el OSN). Se le sumó varios espectros sintéticos contruidos con diversas FWHM (15Å, 30Å y 60Å) y diferentes amplitudes, centrados siempre en H $\alpha$ . La amplitud se calcula de forma que el flujo de la componente ancha sea un 10 %, un 15 %, un 20 % y un 40 % del flujo del triplete [NII] $\lambda$ 6548 $\lambda$ 6563 y la componente estrecha de H $\alpha$ . En total tenemos para cada configuración 12 espectros todos con componente ancha con diferente FWHM y amplitud. Aplicamos la sustracción del *template* y analizamos a ver si podemos recuperar la componente ancha. En el caso de los espectros de CAHA esto es posible cuando la componente ancha representa al menos un 15 % del flujo del triplete [NII]+H $\alpha$ + [NII]. Tomando la mediana del flujo de este triplete para los AGNs y la mediana de la distancia a la que se encuentra estas galaxias obtenemos un límite de detección en H $\alpha$  ancha de  $3,5 \times 10^{38}$  ergs s $^{-1}$ . En el ORM y en SPM, para detectar la componente ancha esta tiene que ser al menos un 20 % del flujo del triplete lo que equivale a un límite de detección de  $4,0 \times 10^{38}$  ergs s $^{-1}$ . Solo tres BLAGNs en la muestra de HFS97 tienen una luminosidad menor que estos límites. Obviamente la falta de BLAGNs encontrada en estas muestras no puede ser debida a límites de detección más altos.

## 7.4. La desaparición de la BLR en los CGs

Para asegurar que estos AGNs no tienen BLR o que simplemente no la detectamos, necesitaríamos realizar observaciones espectropolarimétricas, puesto que no disponemos de esta información vamos a intentar estudiar ambas posibilidades de otra forma. Según un estudio de Bian & Gu (2007) en el que realizaban espectropolarimetría sobre una muestra de AGNs observaron que casi todos los AGNs en los que no había una BLR, la relación entre la luminosidad bolométrica y la de Eddington era menor de 0.043. Si pudiéramos calcular esta relación para nuestros objetos y ver si está por debajo de ese límite entonces la opción de la desaparición de la BLR cobraría más peso.

La luminosidad bolométrica la podemos calcular usando la aproximación:

$$L_{bol} \sim 3500 \times L_{[OIII]} \quad (7.1)$$

corrigiendo de extinción [OIII]:

$$F_{corr}[OIII] = F_{obs}[OIII] \times \left[ \frac{(H\alpha/H\beta)_{obs}}{3,1} \right]^{2,94} \quad (7.2)$$

y para la luminosidad de Eddington necesitamos:

$$L_{Edd} = 1,26 \times 10^{38} \times M_{BH}/M_{\odot} \quad (7.3)$$

$$M_{BH} = 10^{38} \times \left[ \frac{\sigma_*}{200} \right]^{4,02} \quad (7.4)$$

en masas solares según Tremaine et al. (2002).

Para sacar la masa del agujero negro necesitaríamos la dispersión de velocidades estelares ( $\sigma_*$ ) y esto por desgracia no está disponible para muchas galaxias. En la base de datos HYPERLEDA hay información de la dispersión de velocidad estelar para 25 galaxias de UZC-CG clasificadas como AGNs puros y para 20 galaxias de HCG clasificadas también como AGNs puros, de estas solo 4 tienen información de H $\alpha$  y [OIII] mientras que en el caso de UZC-CG son 10. Calculamos para estas 14 galaxias la relación  $L_{bol}/L_{edd}$

Los cuatro AGNs de HCGs están muy por debajo del límite que daban Bian & Gu (2007) y lo mismo sucede para ocho de las diez galaxias del UZC. Esto nos indicaría que la mayoría de los NLAGNs de nuestras muestras de grupos compactos no tendría BLR.

Otra prueba que podemos hacer es calcular, dada la masa del agujero negro, como sería el tamaño de la zona donde se producen las líneas anchas para ver si las detectaríamos.

Para ello, usamos la fórmula que ? da para AGNs de baja luminosidad:

$$\log(R_{BLR}) = -4,31 + 0,78 \times \log(M_{BH}) \quad (7.5)$$

Si la masa del agujero negro está en masas solares, la BLR sale en días-luz. Con esta BLR podemos saber que FWHM tendría H $\alpha$  de la siguiente forma:

$$FWHM^2 = q \times \frac{G \times M_{BH}}{R_{BLR}} \quad (7.6)$$

donde  $q=0.75$  y  $G = 6,67 \times 10^{20} \text{km}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^2$ . Ahora la masa del agujero negro tiene que estar en kg ( $1M_{\odot} = 1,9891 \times 10^{30} \text{kg}$ ) y la  $R_{BLR}$  en km (1dia – luz= $2.592 \times 10^{10} \text{km}$ )

Esto lo podemos hacer para los 25 AGNs de UZC-CG y para los 20 AGNs de HCGs que tienen  $\sigma_*$ . Para los primeros salen un rango de FWHM de 1114 a 2818km/s con una mediana de 2191km/s. Y para los segundos el rango es de 1280-2704km/s con una mediana de 2167. En ambos casos si la BLR existiese nosotros deberíamos ver esas componentes anchas en la FWHM de H $\alpha$ .

A pesar de que todo indica que puede ser que realmente no tengan BLR, no podemos descartar que tengan una BLR muy débil que no estemos detectando. Hay que tener en cuenta que no tenemos  $\sigma_*$  para todas las galaxias de la muestra, que la fórmula  $L_{bol}$  es aproximada y la fórmula de Zhang es para AGNs de baja luminosidad ( $L < 10^{42}$ ) y las galaxias de las muestras que utilizamos estarían en AGNs de muy baja luminosidad.

## 7.5. Discusión

En el modelo unificado para AGNs, el toro de materia que rodea el AGNs es el responsable de esconder la BLR del observador. Para ser consistente con nuestro análisis debería ser mucho más eficientes en los grupos compactos.

Sin embargo, esta hipótesis va en contra de los efectos predichos de “tidal stripping” en galaxias de GC: cualquier caída de gas en el disco separa disminuyendo la cantidad de formación estelar en la zona. Esto es consistente con las observaciones de GC hechas por otros autores (Caon et al. 1994; Huchtmeier 1997; Coziol et al. 1998; Allam et al. 1999; Coziol et al. 2000; de la Rosa et al. 2007; Durbala et al. 2008).

Al mismo tiempo el número de galaxias tempranas parece aumentar en los GC. Por lo tanto, una posible razón de que los BLR no aparezcan en los AGNs de los grupos compactos, puede ser debido a que la cantidad de gas que alcanza el centro se consume en formar estrellas, construyendo grandes bulbos (de Carvalho & Coziol 1999). Alternativamente, los bulbos de galaxias en GC pueden haber crecido sin gas, a través de “dry mergers” (Coziol & Plauchu-Frayn 2007).

El hecho de que la luminosidad media de los AGNs en los CG es baja, es otro argumento a favor para la hipótesis de la completa disolución de la BLR. De acuerdo con recientes investigaciones el tamaño de la BLR en los AGNs está relacionada con la luminosidad óptica a  $5100\text{\AA}$  (Kaspi et al. 2005). Por lo tanto es posible imaginar que el tamaño de la BLR vaya disminuyendo hasta llegar a cero a alguna determinada luminosidad (Elitzur & Shlosman 2006).

Hemos estimado el rango de luminosidad a  $5100\text{\AA}$  de nuestras galaxias. En el caso de los HCGs solo lo podemos hacer para los espectros de CAHA, ORM y algunos del OSN. En el caso de UZC-CGs solo para los espectros provenientes de SDSS-DR4 que están calibrados en flujo. En los HCGs este rango está entre 41.3 y 42.7 y en el UZC-CG va de 40.7 a 43.1 ( $5100L_{\lambda}(5100\text{\AA})$ ). Comparando con los datos de Peterson et al. (2004), estamos en la parte de baja luminosidad de su distribución donde casi no hay objetos con líneas anchas. También estamos en el rango de luminosidad donde algunos autores encuentran Sy2 puros, es decir, que no tienen BLR (Shu et al. 2007; Bian & Gu 2007) lo que sugiere que en objetos de baja luminosidad (como los encontrados en los grupos) no existe la BLR.

Nicastro (2000); Nicastro et al. (2003) afirmaban que la tasa de acreción (más que el tamaño de la BLR) es el responsable de la ausencia de BLR en AGNs de baja luminosidad. Esto es completamente compatible con nuestras observaciones. En otras palabras, nuestros resultados implican baja tasa de acreción en los AGNs de los GC haciendo indetectable o inexistente la BLR. Ambas hipótesis son consistentes con “gas stripping” a través de interacciones de marea.

Basándonos en el estudio que hemos presentado aquí, la deficiencia de BLAGNs en los grupos compactos es indiscutible. Por primera vez se encuentra una clara relación entre entorno de galaxias y el tipo de actividad nuclear que albergan. En los grupos compactos, las galaxias están sufriendo transformaciones morfológicas (Hickson et al. 1988; Coziol et al. 2004). El mecanismo que más influye en estas transformaciones son las interacciones de marea y las fusiones (Mendes de Oliveira & Hickson 1994; Coziol & Plauchu-Frayn 2007). Nuestro análisis sugiere que el efecto combinado de estos dos mecanismos también provocan

una disminución importante en la cantidad de gas que alcanza el núcleo para formar la BLR de los AGNs.



## Capítulo 8

# DISCUSION Y CONCLUSIONES

### 8.1. HCGs

Se ha elaborado una muestra espectroscópica homogénea de galaxias en los grupos compactos de Hickson utilizando espectroscopía de resolución intermedia en cuatro telescopios

De las 269 galaxias con esa información, el 62 % presentan (168 galaxias) emisión. Este alto porcentaje se debe a un correcto tratamiento de los datos que incluye la sustracción de la componente estelar de la galaxia de la población subyacente.

De las 168 emisiones, el 32 % son SFN, el 22 son TOs y el 46 % son AGNs puros por lo que podemos asegurar que la actividad nuclear tipo AGN es la dominante en los núcleos de las galaxias de los HCGs. Además se ha cuantificado esta actividad como de baja luminosidad.

Aún considerando las galaxias sin líneas de emisión (que presentan el 38 % de la muestra), la actividad AGN con un 42 % sigue siendo dominante.

En cuanto a las propiedades de las galaxias:

- hemos visto que los AGNs se encuentran en galaxias más tempranas que los SFN, aunque las galaxias que no muestran ningún tipo de emisión están en galaxias todavía más tempranas. Las galaxias que albergan un TOs están en tipos morfológicos intermedios entre los que albergan AGNs y los que albergan SFN. Hay que destacar que el 80 % de actividad encontrada en galaxias elípticas es tipo AGN, medida que nos vamos a tipos morfológicos más tardíos empiezan a dominar los TOs y finalmente en espirales tipos Sd ya no se encuentra ni AGNs ni TOs y solamente SFN.
- Independientemente de la morfología de la galaxia anfitriona, las galaxias que albergan un AGN son más brillantes que las que albergan SFN pero esto se debe precisamente a la presencia del AGN y no a la luminosidad intrínseca de la galaxia, por eso aunque las Noe están en tipos morfológicos más tempranos que los AGNs, las galaxias que albergan AGNs son más luminosas que las que no presentan ningún tipo de actividad

nuclear.

- Las galaxias de esta muestra con un AGN tienden a tener el doble de barras que otros tipos de actividad, en particular respecto a las SFN. Contrariamente a lo que cabría esperar, sí se verifica que las barras son más frecuentes en galaxias de tipos más tardíos y por tanto tenderían a aparecer más frecuentemente en SFNs.

En cuanto a las propiedades de los grupos:

- los Grupos-NoE tienen una mayor dispersión de velocidades que el resto de grupos con algún tipo de actividad. En particular los Grupos-SFN presentan la menor dispersión de velocidades. Esto se ha repetido separando por tipos morfológicos y se confirma que independientemente del tipo morfológico que domine en el grupo, los Grupos-AGNTO tienen mayor dispersión de velocidades que los Grupos-SFN.
- Los Grupos-AGNTO son más masivos que los Grupos-SFN. De nuevo esta tendencia es independiente de la morfología que domine en el grupo.
- Puesto que ya encontramos que las galaxias que albergan AGNs son más luminosas que las que albergan SFN, se confirma, que los grupos dominados por AGN+TO son más luminosos que los grupos dominados por SFN.
- Los Grupos-SFN tienen un radio proyectado ligeramente inferior al que muestran el resto de los grupos.
- Mientras que solo un Grupo-SFN muestra deficiencia en HI, la mitad de los Grupos-AGNTO muestran deficiencia en HI y entre estos se encuentran los grupos más deficientes de toda la muestra.

Los tripletes muestran un mayor porcentaje de galaxias con emisiones que los multipletes pero cuando estudiamos el porcentaje de AGNs con respecto a las galaxias con emisión vemos que es similar para las dos muestras de grupos.

## 8.2. UZC-CGs

De los 291 grupos del catálogo UZC-CG se ha encontrado información espectral en tres bases de datos diferentes, para todas las galaxias de 215 grupos. Se ha demostrado que los cocientes de líneas tomados de los distintos datos son compatibles y por lo tanto se pueden usar conjuntamente.

Esta submuestra de 215 grupos con 720 es estadísticamente representativa del catálogo completo por lo que podremos extrapolar los resultados.

De las 720 galaxias, un 68 % (488) muestran emisiones. De estas un 44 % albergarían AGNs puros, un 20 % serían TOs y el 36 % restantes contienen formación estelar nuclear.

Al igual que en los HCGs, los AGNs representan el 44 % de todas las galaxias de esta muestra.

Con respecto a las propiedades de las galaxias:

- las galaxias que albergan actividad tipo AGNs, están, de forma general, en tipos morfológicos más tempranos que los que tienen SFNs. Las galaxias que no presentan ningún tipo de emisión están en los tipos más tempranos mientras que los TOs están en tipos intermedios entre los AGNs y los SFN. Además, el 96 % de las galaxias elípticas con algún tipo de actividad, albergan un AGN, en lenticulares este porcentaje disminuye al 72 % y a medida que avanzamos en tipo morfológico disminuye el porcentaje de AGNs y aumenta el de SFN siendo a partir de Sd el tipo dominante ya sin ningún AGNs presente.
- Las galaxias que albergan AGNs son más luminosas que las que albergan simplemente SFN o las que no albergan ningún tipo de actividad. Esto se mantiene aún teniendo en cuenta la morfología ya que dentro del mismo tipo morfológico, las galaxias que albergan un AGN siguen siendo más luminosas que las que albergan un SFN. En realidad no es que las galaxias que albergan AGNs son más luminosas sino que es el propio AGN el que las hace más luminosas.
- La luminosidad tanto en  $H\alpha$  como en  $[OIII]$  que presentan los AGNs que encontramos en estos grupos, indican que la mayoría se tratan de AGNs de baja luminosidad.

Con respecto a las propiedades de los grupos:

- existe una concordancia morfológica entre los el tipo morfológico de la galaxia más brillante del grupo con el tipo de actividad que domina en ese grupo.
- estudiando la actividad y morfología de la galaxia más brillante de cada grupos con la actividad y morfología que domine en dicho grupo se puede concluir que la actividad dominante es una característica del grupo, independientemente de la morfología que domine.
- los Grupos-NoE tienen una dispersión de velocidades mayor que los grupos dominador por algún tipo de actividad. A su vez, los grupos dominados por AGNs+TOs tienen una dispersión de velocidades significativamente mayor que los grupos dominados por SFN (100km/s).
- En cuanto al tamaño medio proyectado, no existe una diferencia significativa entre los distintas clase de grupos dominados por actividad, solo se puede decir que los Grupos-NoE son ligeramente más grandes que los Grupos-AGNs+TOs los Grupos-SFN.

- Los Grupos-AGNTO también presenta mayor densidad dinámica y masa virial que los Grupos-SFN.

Los tripletes muestran un mayor porcentaje de galaxias con emisiones que lo multipletes pero en este caso, a diferencia que en los HCG, la proporción de AGN dentro de esas galaxias con emisión es significativamente más grande en los multipletes que en los tripletes.

### 8.3. Diferencias entre las dos muestras de Grupos Compactos

Hemos analizado dos muestras de grupos compactos con características generales similares. Vamos a comparar los resultados obtenidos para cada catálogo.

La primera diferencia entre los dos catálogos es la distribución morfológica (ver Tabla 7.4, más de la mitad de las galaxias de los grupos Compactos de Hickson son E-SO mientras que en el UZC-CG son SOa-Sbc. Esto hace que los tipos morfológicos encontrados para clase de actividad nuclear, sean un poco más tempranos en los HCGs que en el UZC-CG, pero independientemente de esta diferencia, en los dos catálogos, los NoE se encuentran en los tipos morfológicos más tempranos, seguidos por los AGNs, y con diferencia los SFN se encuentran en los tipos morfológicos más tardíos. Otra pequeña diferencia es que en los HCGs, los Objetos de Transición están en tipos morfológicos más similares a aquellos que albergan AGNs mientras que en el UZC-CG están en tipos morfológicos más similares a aquellas galaxias que albergan SFN.

Las distribuciones de velocidad son un poco diferentes. Los HCGs llegan más profundo ( $V_r=13500$ ) que los grupos del UZC-CG ( $V_r=10000$ ). Además, los grupos más alejados de la muestra de HCG no presentan emisiones así que este puede ser el motivo de que la tasa de emisiones en los HCGs sea un poco menor que en el UZC.

Respecto a la magnitud absoluta de las galaxias, es muy parecida entre las dos muestras del grupos compactos independientemente de la diferencia de distribución morfológica. Además en ambas muestras las galaxias que albergan un AGN (AGN puro o TO) son más luminosas que las que albergan SFN, y esto no es solamente porque estén en galaxias más tempranas sino porque el hecho de que alberguen un AGN las hace más luminosas. Esto lo hemos comprobado en ambos catálogos dividiendo las muestras en intervalos de morfología (Ver Fig. 5.5 y Fig. 6.2).

En cuanto a las propiedades de los grupos, en los dos catálogos se observa que los Grupos-AGN tienen mayor dispersión de velocidades que los Grupos-SFN. Además hemos comprobado que este efecto es independiente de la morfología que domine en el grupo. La única diferencia entre los dos catálogos es que en la muestra de HCGs, los Grupos-NoE, tienen una dispersión de velocidades incluso mayor que los Grupos-AGN mientras que en la muestra de UZC-CG la distribución de los Grupos-NoE se solapa con la de los grupos dominados por AGNs.

En cuanto a la separación media entre las galaxias del grupo ( $R_p$ ), en la muestra de HCG parece que los grupos dominados por SFN tienen  $R_p$  más pequeños aunque esto no se aprecia en la muestra de UZC-CG.

Además, en los dos catálogos se confirma que la masa virial de los grupos dominados por SFN es menor que la de los grupos dominados por AGNs o TOs. Pero los grupos más masivos son los que están dominados por galaxias que no muestran ningún tipo de actividad nuclear.

Resumiendo, se puede afirmar que los resultados obtenidos para ambas muestras de grupos compactos de galaxias son consistentes y muestran que las galaxias y los grupos dominados por actividad tipo AGN tienen propiedades muy diferentes a las galaxias y los grupos donde domina la formación estelar nuclear.



# Bibliografía

- Adams, T. F. 1977, *ApJS*, 33, 19
- Allam, S. S., Tucker, D. L., Lin, H. & Hashimoto, Y. 1999, *ApJ*, 522, L89
- Alonso, M. S., Lambas, D. G., Tissera, P., & Coldwell, G. 2007, *MNRAS*, 375, 1017
- Amram P., Plana H., Mendes de Oliveira C. et al., 2003, *A&A*, 402, 865.
- Antonucci, R. 1993, *ARA&A*, 31, 473
- Antonucci, R. 2002, *Astrophysical Spectropolarimetry*, (Cambridge, CUP), 151 (astro-ph/010348)
- Armus, L., Heckman, T. M., & Miley, G. K. 1990, *ApJ*, 364, 471
- Athanassoula, E. 2003, *MNRAS*, 341, 1179
- Baldwin, J. A., Phillips, M. M., & Terlevich, R. 1981, *PASP*, 93, 5
- Balick, B., & Heckman, T. M. 1982, *ARA&A*, 20, 431
- Barnes, J. E., & Hernquist, L. E. 1991, *ApJL*, 370, L65
- Barton, E., Geller, M., Ramella, M., Marzke, R. O., & da Costa, L.Ñ. 1996, *AJ*, 112, 871
- Barton, E. J., de Carvalho, R. R., & Geller, M. J. 1998, *AJ*, 116, 1573
- Becker, R. H., White, R. L., & Helfand, D. J. 1995, *ApJ*, 450, 559
- Bennert, N., Jungwiert, B., Komossa, S., Haas, M., & Chini, R. 2006, *A&A*, 456, 953
- Bettoni D. & Fasano G 1993,*AJ*,105,1291.
- Bettoni D. & Fasano G., 1996,*AJ*,105,1291.
- Bian, W., & Gu, Q. 2007, *ApJ*, 657, 159
- Binggeli, B., Sandage, A., & Tammann, G. A. 1988, *ARA&A*, 26, 509
- Bournaud, F., & Combes, F. 2002, *A&A*, 392, 83
- Caon, N., Capaccioli, M., D'Onofrio, M., & Longo, G. 1994, *A&A*, 286, 39
- Capetti, A., & Balmaverde, B. 2005, *A&A*, 440, 73

- Cardelli, J. A., Clayton, G. C., & Mathis, J. S. 1989, *ApJ*, 345, 245
- Carrillo, R., Masegosa, J., Dultzin-Hacyan, D., & Ordoñez, R. 1999, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 35, 187
- Carter, B. J., Fabricant, D. G., Geller, M. J., Kurtz, M. J., & McLean, B. 2001, *ApJ*, 559, 606
- Cid Fernandes, R., Heckman, T., Schmitt, H., Delgado, R. M. G., & Storchi-Bergmann, T. 2001, *ApJ*, 558, 81
- Collins, J. A., & Rand, R. J. 2001, *ApJ*, 551, 57
- Condon, J. J., Helou, G., Sanders, D. B., & Soifer, B. T. 1996, *ApJS*, 103, 81
- Condon, J. J., Cotton, W. D., Greisen, E. W., Yin, Q. F., Perley, R. A., Taylor, G. B., & Broderick, J. J. 1998, *AJ*, 115, 1693
- Condon, J. J., Cotton, W. D., & Broderick, J. J. 2002, *AJ*, 124, 675
- Coziol R., 1996, *A&A*, 309, 345
- Coziol, R., Ribeiro, A. L. B., de Carvalho, R. R., & Capelato, H. V. 1998, *ApJ*, 493, 563
- Coziol, R., de Carvalho, R. R., Capelato, H. V., & Ribeiro, A. L. B. 1998, *ApJ*, 506, 545
- Coziol, R., Reyes, R. E. C., Considère, S., Davoust, E., & Contini, T. 1999, *A&A*, 345, 733
- Coziol, R., Iovino, A., & de Carvalho, R. R. 2000, *AJ*, 120, 47
- Coziol, R., Brinks, E., & Bravo-Alfaro, H. 2004, *AJ*, 128, 68
- Coziol, R., & Plauchu-Frayn 2007, *AJ*, 133, 2630
- da Costa, L.Ñ., et al. 1998, *AJ*, 116, 1
- Dahari, O. 1984, *AJ*, 89, 966
- Dahari O., 1985, *ApJS*, 57, 643.
- Dahari, O. 1985, *AJ*, 90, 1772
- Decarli, R., Gavazzi, G., Arosio, I., Cortese, L., Boselli, A., Bonfanti, C., & Colpi, M. 2007, *MNRAS*, 381, 136
- de Carvalho, R. R., Ribeiro, A. L. B., Capelato, H. V., & Zepf, S. E. 1997, *ApJS*, 110, 1
- de Carvalho, R. R., & Coziol, R. 1999, *AJ*, 117, 1657
- de la Rosa, I. G., de Carvalho, R. R., Vazdekis, A., & Barbuy, B. 2007, *AJ*, 133, 330
- de Robertis, M. M., Yee, H. K. C., & Hayhoe, K. 1998, *ApJ*, 496, 93
- de Vaucouleurs, G. 1959, *Handbuch der Physik*, 53, 275

- de Vaucouleurs, G., de Vaucouleurs, A., Corwin, H. G., Jr., Buta, R. J., Paturel, G., & Fouque, P. 1991, Volume 1-3, XII, 2069 pp. 7 figs.. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York,
- del Olmo, A., & Moles, M. 1991, *A&A*, 245, 27
- del Olmo A., Moles M. & Perea J. 1995, en *Groups of galaxies* p 117-126
- del Olmo A., Perea J., Hutchmeier W.K. et al. 2003, *Ap&SS*,285,CD11
- del Olmo, A., Martinez, A., Pedraz, S., Alises, M., Trondal, O., & Schwartz, M. 2004, *IAUcirc*, 8442, 1
- del Olmo, A., Martinez-Carballo, M.A., Pedraz, S., Alises & Cardiel N. 2005. *Calar Alto Newsletter* No. 9
- Delgado, R. M. G., Cerviño, M., Martins, L. P., Leitherer, C., & Hauschildt, P. H. 2005, *MNRAS*, 357, 945
- Diaferio, A., Sunyaev, R. A., & Nusser, A. 2000, *ApJL*, 533, L71
- Disney, M. J., & Wall, J. V. 1977, *MNRAS*, 179, 235
- Dopita, M. A., & Sutherland, R. S. 1995, *ApJ*, 455, 468
- Dressel, L. L., & Condon, J. J. 1978, *ApJS*, 36, 53
- Dressler, A. 1980, *ApJ*, 236, 351
- Dressler, A., Thompson, I. B., & Shectman, S. A. 1985, *ApJ*, 288, 481
- Dressler, A., et al. 1997, *ApJ*, 490, 577
- Dressler, A., Smail, I., Poggianti, B. M., Butcher, H., Couch, W. J., Ellis, R. S., & Oemler, A. J. 1999, *ApJS*, 122, 51
- Dultzin-Hacyan, D., Krongold, Y., Fuentes-Guridi, I., & Marziani, P. 1999, *ApJL*, 513, L111
- Durbala, A., et al. 2008, *AJ*, 135, 130
- Elitzur, M., & Shlosman, I. 2006, *ApJ*, 648, L101
- Englmaier, P., & Shlosman, I. 2000, *ApJ*, 528, 677
- Evans, I.Ñ., & Dopita, M. A. 1985, *ApJS*, 58, 125
- Falco, E. E., et al. 1999, *PASP*, 111, 438
- Fasano, G., & Bettoni, D. 1994, *AJ*, 107, 1649
- Focardi, P., & Kelm, B. 2002, *A&A*, 391, 35
- Gisler, G. R. 1980, *AJ*, 85, 623
- Gallego, J., Zamorano, J., Rego, M., Alonso, O., & Vitores, A. G. 1996, *A&As*, 120, 323

- Gallo, E., Treu, T., Jacob, J, Woo, J.H, Marshall, P. & Antonucci, R. 2008, ApJ, en prensa (astro-ph 0711.2073)
- González, J. J., Krongold, Y., Dultzin, D., Hernández-Toledo, H. M., Huerta, E. M., Olguín, L., Marziani, P., & Cruz-González, I. 2008, Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series, 32, 170
- Ghosh, H., Mathur, S., Fiore, F., & Ferrarese, L. 2008, ArXiv e-prints, 801, arXiv:0801.4382
- Greene, J., Lim, J., & Ho, P. T. P. 2004, ApJS, 153, 93
- Greene, J. E., & Ho, L. C. 2005, ApJ, 627, 721
- Greene, J. E., & Ho, L. C. 2007, ApJ, 667, 131
- Greene, J. E., & Ho, L. C. 2007, ApJ, 670, 92
- Goto, T., Yamauchi, C., Fujita, Y., Okamura, S., Sekiguchi, M., Smail, I., Bernardi, M., & Gomez, P. L. 2003, MNRAS, 346, 601
- Gunn, J. E. 1979, Active galactic nuclei. (A79-50785 22-90) Cambridge, Cambridge University Press, 1979, p. 213-225. Research supported by the Alfred P. Sloan Foundation, 213
- Hamuy, M., Walker, A. R., Suntzeff, N. B., Gigoux, P., Heathcote, S. R., & Phillips, M. M. 1992, PASP, 104, 533
- Hamuy, M., Suntzeff, N. B., Heathcote, S. R., Walker, A. R., Gigoux, P., & Phillips, M. M. 1994, PASP, 106, 566
- Hao, L., et al. 2005, AJ, 129, 1783 (H05)
- Hashimoto, Y., Oemler, A. J., Lin, H., & Tucker, D. L. 1998, ApJ, 499, 589
- Hatfield, B. F., & Osterbrock, D. E. 1980, BAAS, 12, 438
- Haynes M.P., Giovanelli R.,1984,AJ,89,758
- Heckman, T. M. 1980, A&A, 87, 152
- Heeschen, D. S., & Wade, C. M. 1964, AJ, 69, 277
- Hibbard, J. E., & van Gorkom, J. H. 1996, AJ, 111, 655
- Hickson, P. 1982, ApJ, 255, 382
- Hickson, P., Kindl, E., & Huchra, J. P. 1988, ApJ, 331, 64
- Hickson, P., Kindl, E., & Auman, J. R. 1989, ApJS, 70, 687
- Hickson, P., Mendes de Oliveira, C., Huchra, J. P., & Palumbo, G. G. 1992, ApJ, 399, 353
- Hickson, P. 1997, ARA&A, 35, 357

- Ho, L. C., Filippenko, A. V., & Sargent, W. L. W. 1997a, *ApJS*, 112, 315 (HFS97)
- Ho, L. C., Filippenko, A. V., Sargent, W. L. W., & Peng, C. Y. 1997b, *ApJS*, 112, 391
- Ho, L. C., Filippenko, A. V., & Sargent, W. L. W. 1997, *ApJ*, 487, 568
- Ho, L. C., Filippenko, A. V., & Sargent, W. L. W. 1997, *ApJ*, 487, 591
- Ho, L. C. 2008, ArXiv e-prints, 803, arXiv:0803.2268
- Huchra, J. P., Wyatt, W. F., & Davis, M. 1982, *AJ*, 87, 1628
- Huchra, J., & Burg, R. 1992, *ApJ*, 393, 90
- Huchtmeier, W. K. 1994, *A&A*, 286, 389
- Huchtmeier W.K.,1997,*A&A*,401,483
- Huchtmeier W.K., Karachentsev I.D., Karachentseva V.E.,2003,*A&A*,401,483
- Iglesias-Páramo, J., & Vílchez, J. M. 1998, *AJ*, 115, 1791
- Iovino, A. 2002, *AJ*, 124, 2471
- Jansen, R. A., Fabricant, D., Franx, M., & Caldwell, N. 2000, *ApJS*, 126, 331
- Kaspi, S., Maoz, D., Netzer, H., Peterson, B. M., Vestergaard, M., & Jannuzi, B. T. 2005, *ApJ*, 629, 61
- Kauffmann, G., et al. 2003, *MNRAS*, 346, 1055
- Kauffmann, G., White, S. D. M., Heckman, T. M., Ménard, B., Brinchmann, J., Charlot, S., Tremonti, C., & Brinkmann, J. 2004, *MNRAS*, 353, 713
- Keel, W. C. 1983, *ApJS*, 52, 229
- Keel, W. C., & van Soest, E. T. M. 1992, *A&AS*, 94, 553
- Kelm, B., Focardi, P., & Zitelli, V. 2004, *A&A*, 418, 25
- Kelm, B., & Focardi, P. 2004, *A&A*, 418, 937
- Kennicutt, R. C., Jr. 1992, *ApJS*, 79, 255
- Kewley, L. J., Heisler, C. A., Dopita, M. A., & Lumsden, S. 2001, *ApJS*, 132, 37
- Kewley, L. J., Dopita, M. A., Sutherland, R. S., Heisler, C. A., & Trevena, J. 2001, *ApJ*, 556, 121
- Kewley, L. J., & Dopita, M. A. 2002, *ApJS*, 142, 35
- Kewley, L. J., Groves, B., Kauffmann, G., & Heckman, T. 2006, *MNRAS*, 372, 961
- Khachikyan, É. Y., & Weedman, D. W. 1971, *Astrophysics*, 7, 231

- Kim, D.-C., Sanders, D. B., Veilleux, S., Mazzarella, J. M., & Soifer, B. T. 1995, *ApJS*, 98, 129
- Kormendy, J., & Kennicutt, R. C., Jr. 2004, *ARA&A*, 42, 603
- Koulouridis, E., Plionis, M., Chavushyan, V., Dultzin-Hacyan, D., Krongold, Y., & Goudis, C. 2006, *ApJ*, 639, 37
- Laine, S., Shlosman, I., Knapen, J. H., & Peletier, R. F. 2002, *ApJ*, 567, 97
- Lambas, D. G., Tissera, P. B., Alonso, M. S., & Coldwell, G. 2003, *MNRAS*, 346, 1189
- Laor, A. 2003, *ApJ*, 590, 86
- Laurikainen, E., Salo, H., & Buta, R. 2004, *ApJ*, 607, 103
- Lee, B. C., et al. 2004, *AJ*, 127, 1811
- Leon S., Combes F., Menon T.K., 1998,*A&A*,330,37.
- Li, C., Kauffmann, G., Wang, L., White, S. D. M., Heckman, T. M., & Jing, Y. P. 2006, *MNRAS*, 373, 457
- Maia, M. A. G., Machado, R. S., & Willmer, C.Ñ. A. 2003, *AJ*, 126, 1750
- Mamon, G. A. 1986, *ApJ*, 307, 426
- Márquez, I., et al. 2000, *A&A*, 360, 431
- Martínez, M. A., del Olmo, A., Verdes-Montenegro L., Perea J., & Yun M. 2006, *JENAM 2004 Astrophysics Reviews.*, 2P56
- Martínez, M. A., del Olmo, A., Focardi, P., & Perea J. 2006, VII Scientific Meeting of SEA (astro-ph/0611099)
- Martinez, M. A., Del Olmo, A., Focardi, P., & Perea, J. 2007, *IAU Symposium*, 235, 222
- Martínez, M. A., del Olmo, A., Coziol, R., & Focardi, P. 2008, *ApJL*, 678, L9
- Martínez, M. A., Del Olmo, A., Coziol, R., & Perea, J. 2008, *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series*, 32, 164
- Martini, P., Mulchaey, J. S., & Kelson, D. D. 2007, *ApJ*, 664, 761
- Massey, P., Strobel, K., Barnes, J. V., & Anderson, E. 1988, *ApJ*, 328, 315
- Mauch, T., Murphy, T., Buttery, H. J., Curran, J., Hunstead, R. W., Piestrzynski, B., Robertson, J. G., & Sadler, E. M. 2003, *MNRAS*, 342, 1117
- McCall, M. L., Rybski, P. M., & Shields, G. A. 1985, *ApJS*, 57, 1
- Menon T.K.,Hickson P., 1985,*ApJ*,296,60
- Menon, T. K. 1995, *MNRAS*, 274, 845

- Mendes de Oliveira, C., & Hickson, P. 1994, *ApJ*, 427, 684
- Miller, C. J., Nichol, R. C., Gómez, P. L., Hopkins, A. M., & Bernardi, M. 2003, *ApJ*, 597, 142
- Moles, M., Marquez, I., & Perez, E. 1995, *ApJ*, 438, 604
- Moles, M., Sulentic, J. W., & Marquez, I. 1997, *ApJL*, 485, L69
- Moustakas, J., & Kennicutt, R. C., Jr. 2006, *ApJS*, 164, 81
- Moustakas, J., Kennicutt, R. C., Jr., & Tremonti, C. A. 2006, *ApJ*, 642, 775
- Mullaney, J. R., & Ward, M. J. 2008, *MNRAS*, 385, 53
- Nagar, N. M., Falcke, H., Wilson, A. S., & Ho, L. C. 2000, *ApJ*, 542, 186
- Nicastro, F. 2000, *ApJl*, 530, L65
- Nicastro, F., Martocchia, A., & Matt, G. 2003, *ApJl*, 589, L13
- Nilson, P. 1973, *Acta Universitatis Upsaliensis. Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis - Uppsala Astronomiska Observatoriums Annaler*, Uppsala: Astronomiska Observatorium, 1973,
- Nikolic, B., Cullen, H., & Alexander, P. 2004, *MNRAS*, 355, 874
- Oke, J. B. 1990, *AJ*, 99, 1621
- Osterbrock, D. E. 1981, *ApJ*, 249, 462
- Osterbrock, D. E. 1989, in *Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei*, University Science Books
- Ostriker, J. P., & Tremaine, S. D. 1975, *ApJL*, 202, L113
- Palumbo, G. G. C., Saracco, P., Hickson, P., & Mendes de Oliveira, C. 1995, *AJ*, 109, 1476
- Park, C., Choi, Y.-Y., Vogeley, M. S., Gott, J. R. I., & Blanton, M. R. 2007, *ApJ*, 658, 898
- Paturel, G., Petit, C., Prugniel, P., Theureau, G., Rousseau, J., Brouty, M., Dubois, P., & Cambrésy, L. 2003, *A&A*, 412, 45
- Panessa, F., Wolter, A., Pellegrini, S., Fruscione, A., Bassani, L., Della Ceca, R., Palumbo, G. G. C., & Trinchieri, G. 2005, *ApJ*, 631, 707
- Perea, J., del Olmo, A., & Moles, M. 1990, *A&A*, 237, 319
- Perea, J., del Olmo, A., Verdes-Montenegro, L., & Yun, M. S. 1997, *ApJ*, 490, 166
- Perea J.del Olmo A., Verdes-Montenegro L. et al. 2000, *ASPCS*, Vol 9
- Peterson, B. M., et al. 2004, *ApJ*, 613, 682
- Peterson, B. M., et al. 2005, *ApJ*, 632, 799

- Plana H., Amram P., et al., 2003, *A.J.* 125, 1736P
- Ponman T.J., Bourner P.D.J., Ebeling H. & Bohringer H., 1996, *MNRAS*, 282, 690
- Postman, M., & Geller, M. J. 1984, *ApJ*, 281, 95
- Prandoni, I., Iovino, A., & MacGillivray, H. T. 1994, *AJ*, 107, 1235
- Press, W. H., & Schechter, P. 1974, *ApJ*, 187, 425
- Ribeiro A.L.B., de Carvahlo R.R. et al., 1996, *ApJ*, 463, L5
- Rines, K., Geller, M. J., Kurtz, M. J., & Diaferio, A. 2005, *AJ*, 130, 1482
- Rose, J. A. 1977, *ApJ*, 211, 311
- Rubin V. Hunter, D.A. & Kent Ford W. Jr., 1991, *ApJSS*, 76, 153
- Salzer, J. J., MacAlpine, G. M., & Boroson, T. A. 1989, *ApJS*, 70, 479
- Satyapal, S., Vega, D., Heckman, T., O'Halloran, B., & Dudik, R. 2007, *ApJL*, 663, L9
- Segal, I. E. 1985, *PASJ*, 37, 499
- Schlegel, D. J., Finkbeiner, D. P., & Davis, M. 1998, *ApJ*, 500, 525
- Shakhbazyan, R. K. 1973, *Astrophysics*, 9, 296
- Shen, Y., Mulchaey, J. S., Raychaudhury, S., Rasmussen, J., & Ponman, T. J. 2007, *ApJL*, 654, L115
- Shimada, M., Ohya, Y., Nishiura, S., Murayama, T., & Taniguchi, Y. 2000, *AJ*, 119, 2664
- Shu, X. W., Wang, J. X., Jiang, P., Fan, L. L., & Wang, T. G. 2007, *ApJ*, 657, 167
- Schmitt, H. R. 2001, *AJ*, 122, 2243
- Sorrentino, G., Radovich, M., & Rifatto, A. 2006, *A&A*, 451, 809 (SRR06)
- Stasińska, G., Cid Fernandes, R., Mateus, A., Sodré, L., & Asari, N. V. 2006, *MNRAS*, 371, 972
- Stauffer, J. R. 1982, *ApJ*, 262, 66
- Storchi-Bergmann, T., Baldwin, J. A., & Wilson, A. S. 1993, *ApJL*, 410, L11
- Storchi-Bergmann, T., González Delgado, R. M., Schmitt, H. R., Cid Fernandes, R., & Heckman, T. 2001, *ApJ*, 559, 147
- Sulentic, J. W. 1983, *ApJ*, 270, 417
- Sulentic J.W., Pietsch W., Arp H., 1995, *A&A*, 298, 420.
- Sulentic, J. W. 1997, *ApJ*, 482, 640

- Sulentic, J. W., Rosado, M., Dultzin-Hacyan, D., Verdes-Montenegro, L., Trinchieri, G., Xu, C., & Pietsch, W. 2001, *AJ*, 122, 2993
- Tomassian H. M. & Tiersch H. 2001, *A&A* 378, 740
- Tonry, J., & Davis, M. 1979, *AJ*, 84, 1511
- Toomre, A., & Toomre, J. 1972, *ApJ*, 178, 623
- Tran, H. D. 2001, *ApJ*, L554, 19
- Tran, H. D. 2003, *ApJ*, 583, 632
- Tremaine, S., et al. 2002, *ApJ*, 574, 740
- Tremonti, C. A., et al. 2004, *APJ*, 613, 898
- Veilleux, S., & Osterbrock, D. E. 1987, *ApJS*, 63, 295
- Veilleux, S., Kim, D.-C., & Sanders, D. B. 2002, *ApJS*, 143, 315
- Verdes-Montenegro L., del Olmo A., Perea J., et al. 1997, *A&A*, 321, 409
- Verdes-Montenegro, L., Yun, M. S., Perea, J., del Olmo, A., & Ho, P. T. P. 1998, *ApJ*, 497, 89
- Verdes-Montenegro L., Yun M.S., Williams B.A., Huchtmeier W.K., del Olmo A., Perea J., 2001, *A&A*, 377, 812
- Verdes-Montenegro L., del Olmo A., Iglesias-Páramo J.I., Perea J., et al., 2002, *A&A*. 396, 815
- Verdes-Montenegro L., del Olmo A., Yun M.S. & Perea J., 2005, *A&A*, 430, 443
- Veron-Cetty, M.-P., & Veron, P. 1986, *A&AS*, 65, 241
- Veron, P., Goncalves, A. C., & Veron-Cetty, M.-P. 1997, *A&A*, 319, 52
- Véron-Cetty, M.-P., & Véron, P. 2001, *A&A*, 374, 92
- Wang, J., & Wei, J. Y. 2008, *ApJ*, 679, 86
- Williams B.A., Rood H.J., 1987, *ApJS*, 63, 265
- Woods, D. F., Geller, M. J., & Barton, E. J. 2006, *AJ*, 132, 197
- Woods, D. F., & Geller, M. J. 2007, *AJ*, 134, 527
- Deng, X.-F., He, J.-Z., Jiang, P., Luo, C.-H., & Wu, P. 2007, *AAp*, 474, 783
- York, D. G., et al. 2000, *AJ*, 120, 1579
- Yun, M.S., Verdes-Montenegro L., del Olmo A., Perea J., 1997, *ApJ*, 475, 21
- Zhang, X.-G., Dultzin-Hacyan, D., & Wang, T.-G. 2007, *MNRAS*, 374, 691

- Zhang, X.-G., Dultzin-Hacyan, D., & Wang, T.-G. 2007, *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*, 43, 101
- Zepf, S. E., Whitmore, B. C., & Levison, H. F. 1991, *ApJ*, 383, 524
- Zepf, S. E., & Whitmore, B. C. 1991, *ApJ*, 383, 542
- Zepf, S. E. 1993, *ApJ*, 407, 448
- Zuther, J., Iserlohe, C., Pott, J.-U., Bertram, T., Fischer, S., Voges, W., Hasinger, G., & Eckart, A. 2007, *A&A*, 466, 451