



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Estudio de la existencia de líneas coronales en galaxias Seyfert2 a partir de una muestra del SDSS

José Alejandro Daza López

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Observatorio Astronómico Nacional
Bogotá, Colombia
2019

Estudio de la existencia de líneas coronales en galaxias Seyfert2 a partir de una muestra del SDSS

José Alejandro Daza López

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias: Astronomía

Director: (Ph.D.) José Gregorio Portilla Barbosa

Línea de Investigación:
Astronomía, Astrofísica y Cosmología
Grupo de Investigación:
Galaxias con Núcleo Activo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Observatorio Astronómico Nacional
Bogotá, Colombia
2019

Al estudiar el universo aprendemos que podemos llegar tan lejos como nuestros sueños nos lo permitan. Es una fortuna encontrarnos en algún lugar de la inmensidad del espacio y el tiempo para contemplar su belleza.

Dedicatoria: A mi esposa Yady, a mis padres Nubia y José Leopoldo, a mi hermano Sergio ... y a la bendición de contar con su amor.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer especialmente al profesor Gregorio Portilla por su orientación, motivación, confianza y consejos, gracias por influir tan positivamente en mi formación profesional en Astronomía.

Por supuesto, agradecer a mi familia por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, por su cariño, esfuerzos y sacrificios.

A la Universidad Nacional de Colombia y a todos los profesores del OAN, por sus comentarios y sugerencias en el desarrollo del presente trabajo. A los profesores Armando, Giovanni, Leonardo, Benjamin, Santiago, José Robel, Alexis, gracias por sus todas sus enseñanzas y aportes.

A mis estudiantes, compañeros y amigos del colegio Agustiniiano y el Gimnasio Moderno por su interés y curiosidad por la Astronomía y sus valiosas preguntas.

Resumen

Estudios recientes indican que la región de emisión de líneas coronales observada en algunos núcleos galácticos activos, se localiza en la cara interna del toroide oscurecedor; sin embargo, hay numerosos ejemplos de galaxias Seyfert 2 con notoria emisión coronal. Nuestro trabajo tiene como objetivo aclarar las condiciones físicas de un gas coronal y ofrecer algunas ideas sobre la ubicación de la región de líneas coronales. En este trabajo, seleccionamos 497 galaxias Seyfert 2 a partir de una rutina en SQL basada en diagramas BPT aplicados en la base de datos Sloan Digital Sky Survey (SDSS-DR14) bajo los siguientes criterios: $3 < [\text{OIII}]5007/\text{H}_\beta < 16$, $0.6 < [\text{NII}]6584/\text{H}_\alpha < 2$, $0.3 < [\text{SII}]6717 + 6731/\text{H}_\alpha < 0.6$, $0.06 < [\text{OI}]6300/\text{H}_\alpha < 0.2$, y $0.02 < z < 0.13$. De esta muestra, se detectó emisión simultánea en las cuatro líneas prohibidas de alta ionización del [FeVII] 6087, 5721, 5158, 3759 en 2% de la muestra; 30% presentan entre una y tres líneas de emisión y el 68% no presentan emisión de [Fe VII]. Usando algunas relaciones entre los cuatro flujos de las líneas de emisión de [FeVII], se estimaron los rangos de densidad y temperatura electrónica de la región de emisión.

Abstract

Recent studies indicate that the region of emission coronal lines observed in some active galactic nuclei is located in the innermost region of the obscurant toroid; however, there are numerous examples of Seyfert 2 galaxies with notorious coronal emission with redshifts ($0.02 < z < 0.13$). Our work aims to clarify the physical conditions of a coronal gas and hence to offer some insights about the location of the coronal line region. In this work, we selected a sample of Seyfert 2 galaxies drawn from the Sloan Digital Sky Survey (SDSS-DR14) database using the following criteria: $3 < [\text{OIII}]5007/\text{H}_\beta < 16$, $0.6 < [\text{NII}]6584/\text{H}_\alpha < 2$, $0.3 < [\text{SII}]6717 + 6731/\text{H}_\alpha < 0.6$, $0.06 < [\text{OI}]6300/\text{H}_\alpha < 0.2$. This selection yields 497 Seyfert 2 galaxies. From 2% of this sample we found simultaneous emission in four forbidden lines [FeVII] 6087, 5721, 5158, 3759; 30% shows between one to three emission lines and 68% does not show [Fe VII] at all. Using some ratios of the four fluxes of the emission lines of [FeVII] we estimate the density and electronic temperature of the emission region.

Contenido

Agradecimientos	v
Resumen	vii
Lista de símbolos	x
1. Introducción	2
2. Propiedades fundamentales de los Núcleos Activos de Galaxias	4
2.1. El fenómeno AGN	4
2.2. Espectro de un AGN	4
2.3. Taxonomía	5
2.3.1. Galaxias Seyfert	5
2.3.2. Cuásares	8
2.3.3. Otros AGNs	9
2.4. El modelo unificado	10
2.4.1. Agujero negro supermasivo (SMBH)	11
2.4.2. Disco de acreción	12
2.4.3. La región de líneas anchas (BLR)	12
2.4.4. Toroide	13
2.4.5. La región de líneas delgadas (NLR)	13
2.4.6. Líneas Coronales en galaxias Seyfert	14
2.4.7. La región de líneas coronales (CLR)	15
3. La muestra	17
3.1. Repositorio del SLOAN	17
3.2. Uso de diagramas BPT	19
3.3. Índice de color	21
3.4. Selección de galaxias Sy2 mediante SQL	24
3.4.1. Galaxias Sy2 con emisión de FHILs	27
3.5. Diferencia de Poblaciones	28
3.5.1. Muestra MS2E	30
3.5.2. Muestra MS2NE	33
3.5.3. Prueba estadística K-S	45

3.5.4. Diagrama color-color	46
4. Distribución de densidad y temperatura electrónica en galaxias Seyfert 2	49
4.1. Densidad y temperatura electrónica	49
4.2. Razones de Flujo y método NS82 & KN91	51
4.3. Espectros con emisión coronal	57
4.3.1. Rangos encontrados	63
4.3.2. Discusión de resultados	68
5. Conclusiones	71
A. Apéndice: Código en SQL	73
B. Apéndice: Corrección K	74
C. Apéndice: Líneas Coronales	78
Bibliografía	79

Listado de Abreviaturas

Abreviatura	Término
AGN	Núcleo activo de galaxia.
Sy 1	Galaxia Seyfert 1.
Sy 2	Galaxia Seyfert 2.
NLS1	Galaxia Seyfert 1 de líneas delgadas.
LINER	Núcleo emisor de baja ionización.
BLR	Región de líneas anchas.
NLR	Región de líneas delgadas.
SMBH	Agujero negro super masivo.
QSO	Cuásar.
CLR	Región de líneas coronales.
SDSS	Repositorio digital del Sloan.
BPT	Diagrama de diagnóstico de Baldwin, Phillips y Terlevich.
FHIL	Línea prohibida de alta ionización.
SQL	Lenguaje de consulta estructurado.
LC	Línea coronal.
K-S	Prueba estadística Kolmogorov-Smirnov.
FWHM	Ancho total a media altura.
MS2E	Muestra de galaxias Seyfert 2 emisoras de [FeVII].
MS2NE	Muestra de galaxias Seyfert 2 no emisoras de [FeVII].

<https://es.overleaf.com/project/5c43904c1dd6437f7f04e15e>

1. Introducción

Los AGNs (Núcleos Activos de Galaxias), son objetos de gran interés científico debido a que conforman los objetos más luminosos conocidos en el universo. Estos han sido estudiados por más de 50 años por telescopios terrestres y espaciales, los cuales han brindado la posibilidad de interpretar y entender características y procesos físicos presentes en sus diferentes regiones. Uno de ellos es el telescopio de 2.5 m de diámetro que hace parte del proyecto SDSS (Sloan Digital Sky Survey) ubicado en el observatorio Apache Point; este proyecto se ha convertido en las últimas dos décadas en precursor de gran cantidad de trabajos en investigación astronómica, centrándose principalmente en la observación de galaxias y ha permitido acceder libremente a datos fotométricos y espectroscópicos de buena resolución mediante distintos motores de búsqueda, incluidos códigos en lenguaje estructurado (SQL).

Es importante resaltar que cuando se estudia el espectro de un AGN, además de las líneas características de emisión anchas y delgadas ampliamente reseñadas, pueden presentarse en algunos casos líneas de emisión de alta ionización, denominadas líneas coronales. Estas son resultado de procesos altamente energéticos y que no suelen ser comunes debido a que requieren energías iguales o mayores a 100 eV para ser excitadas (e.g la línea de [Fe VII] $\lambda 6087$ y la línea de [Ne V] $\lambda 3426$). Los potenciales de ionización requeridos para la formación de estas líneas pueden producirse en las nubes de un gas fotoionizado o en un plasma caliente ionizado por colisión, como es el caso de la corona solar, de la que estas líneas reciben su nombre. Desde el punto de vista observacional, la localización en el espectro de las líneas coronales es una tarea relativamente dispendiosa debido a su baja intensidad, razón por la cual se debe trabajar con muestras de la mejor calidad posible.

Las líneas coronales han sido observadas en ambos tipos de AGNs (Osterbrock, 1977; Koski, 1978), pero es sabido que el AGN tipo 1 tiene una probabilidad de emisión e intensidad mayor de líneas coronales, en relación con el AGN tipo 2 (Murayama & Taniguchi, 1998), siendo este último tipo el que presenta un menor número de objetos estudiados, entre los que se encuentran las galaxias Seyfert 2. Aunque no se conoce muy bien la región donde se originan estas líneas, se cree que la región de líneas coronales se encuentra a una distancia desde la fuente central intermedia entre la región de líneas anchas (BLR) y la región de líneas delgadas (NLR) (Pier & Voit, 1995). Hasta la fecha no se han reportado diferencias fotométricas entre muestras emisoras y no emisoras de líneas de galaxias Seyfert 1, y en galaxias Seyfert 2 todavía no hay resultados concluyentes. Lo anterior hace que el estudio de

las líneas coronales en galaxias Seyfert 2 sea el interés de este trabajo.

En primer lugar, el objetivo de esta tesis consiste en establecer una muestra lo suficientemente elevada de espectros ópticos de galaxias Seyfert 2 a través de la implementación de códigos en SQL en la base de datos del SDSS en su versión DR14 que ayuden a esclarecer la probabilidad de emisión de [Fe VII] y las condiciones físicas de un gas coronal en estos objetos. Los espectros se reducirán siguiendo técnicas estándar de IRAF tales como: corrección por corrimiento al rojo y extinción galáctica. Así mismo, con la intención de medir el flujo integrado y los FWHM (full width at the half the maximum, ancho completo a media altura) de las líneas coronales, se empleará el software LINER y se asumirá que los perfiles de línea pueden ser representados por una suma de perfiles gaussianos.

En segundo lugar, se establecerá una proporción de objetos emisores y no emisores mediante la identificación de al menos una línea [Fe VII] en el rango óptico, que permita explorar en detalle si existen diferencias inherentes entre la distribución y las características fotométricas de estos objetos como lo sugiere el trabajo de Portilla (2011). Para esto se establecerá una distribución de los índices de color $u-g$, $u-r$, $g-r$, $g-i$, y $r-z$, a partir de la obtención de las magnitudes aparentes en los filtros u , g , i , r , z del SDSS para las poblaciones emisoras y no emisoras de la especie [Fe VII]. Y por último, basados en la medición de los flujos, se estimarán los rangos de densidad y temperatura electrónica de la zona de emisión coronal para las galaxias que presenten emisión simultánea de las cuatro líneas del [Fe VII] $\lambda\lambda\lambda\lambda$: 3759, 5158, 5721, 6087.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: en el capítulo 2 se desarrollan las bases teóricas propias del modelo unificado, de las galaxias Seyfert 2 y la emisión de líneas coronales y en general aspectos asociados con el fenómeno AGN. En el capítulo 3 se describen los objetivos planteados, el proceso de consolidación de la muestra, el proceso metodológico seguido, los resultados frente a la diferencia de poblaciones entre las galaxias Seyfert 2 emisoras y no emisoras de Fe VII y la caracterización fotométrica de los índices de color encontrados.

En el capítulo 4 se exponen los resultados de la medición de los flujos y la estimación de los rangos de densidad y temperatura electrónica de la zona de emisión coronal, aplicando los modelos descritos por los trabajos de Nussbaumer & Storey (1982) y Keenan & Norrington (1991) quienes, basados en tasas de excitación colisional y los coeficientes de emisión de Einstein, presentan gráficas teóricas de densidad y temperatura electrónica en términos de las razones de flujo para las líneas del [Fe VII]. Finalmente, se indicarán las perspectivas de investigaciones futuras y las conclusiones del trabajo.

2. Propiedades fundamentales de los Núcleos Activos de Galaxias

2.1. El fenómeno AGN

El término AGN (Active Galactic Nucleus, núcleo activo de galaxia) se refiere a sectores centrales de un conjunto de galaxias que se caracterizan por su intenso nivel de actividad nuclear comparado con galaxias normales. La cantidad de radiación electromagnética emitida por estas fuentes no puede explicarse mediante fenómenos estelares y es inusualmente superior a la observada en cualquier otra región del espacio de dimensiones similares (Peterson, 1997; Sparke, 2000; Kitchin, 2007). Es importante tener en cuenta que aquellas galaxias huésped que contengan un AGN o presenten fenómenos de formación estelar muy intensos, como es el caso de las galaxias Starburst, se denominan galaxias activas (Weedman et al., 1981)

Carl Seyfert (1943) identificó el fenómeno de emisión nuclear en las denominadas nebulosas espirales y sugirió una relación directa entre el ancho de las líneas de emisión de Balmer con la magnitud absoluta del núcleo, reportando porcentajes inusualmente altos de la luminosidad total concentrada en regiones centrales. Entre algunas de las características de la emisión de los AGNs, se encuentran que el continuo del espectro puede describirse usualmente mediante de una ley de potencia y en su mayoría presentan fuertes líneas de emisión parecidas a las que se emiten en las regiones H II, aunque más anchas y de mayor ionización. Así mismo, la intensidad, tanto del continuo, como en ciertas líneas de emisión, es variable y presentan alta luminosidad en casi todas las regiones del espectro en el que son observados, tanto en radio, IR, visible, UV, e incluso en rayos gamma (Peterson, 1997; Krolik, 1999; Mo et al., 2010).

2.2. Espectro de un AGN

Una herramienta primordial que se utiliza para describir las características físicas y estudiar la intensa radiación en los AGNs, consiste en analizar las distintas regiones de sus espectros, en donde se observan numerosas líneas de emisión provenientes de un gas ionizado. Como es sabido, una emisión de tipo térmico es dependiente de la temperatura, lo cual quiere decir que un continuo, como es el caso del rango óptico, sería el resultado de superponer muchas

emisiones de tipo cuerpo negro de distintas longitudes de onda sobre un intervalo relativamente amplio de temperaturas. Sin embargo, las características espectrales observadas en los AGNs dan cuenta de otros mecanismos de origen no térmico, que explican la emisión para baja frecuencia, tales como la radiación sincrotrón, principal responsable de la emisión en el infrarrojo, y de alta frecuencia, tales como efecto Compton inverso y la radiación de frenado, responsables de la emisión UV y en rayos X.

2.3. Taxonomía

Las galaxias activas pueden clasificarse por su luminosidad, por las características de su espectro, por la presencia de líneas de emisión anchas y angostas, o por presentar emisión variable en el óptico, en radio o en rayos X.

A continuación presentamos algunas de las galaxias que contienen un AGN.

2.3.1. Galaxias Seyfert

Dentro de las galaxias activas con AGN, las galaxias Seyfert constituyen el tipo más frecuente. Son un pequeño grupo de galaxias con morfología en su mayoría espiral, cuyo núcleo particularmente brillante presenta líneas de emisión de alta y baja ionización, similares a las que se encuentran en las nebulosas planetarias. Desde el punto de vista de luminosidad se definen como galaxias Seyfert a aquellos AGNs de baja luminosidad, $M_B > -21,5 + 5 \log(h_0)$, donde M_B es la magnitud absoluta en la banda del azul y h_0 es la constante de Hubble en unidades de 72 Km/s/Mpc y además la galaxia hospedera es claramente detectable (Emerson, 1996).

Khachikian & Weedman (1974) detectaron la existencia de dos tipos de galaxias Seyfert las cuales se distinguen entre sí por la presencia o ausencia de componentes anchas dadas para las líneas de emisión permitidas. Las primeras y más abundantes son conocidas como galaxias Seyfert 1 (Sy1) que presentan componentes anchas y delgadas en sus líneas (las primeras únicamente líneas permitidas); las segundas son las galaxias Seyfert 2 (Sy2) las cuales muestran únicamente en líneas delgadas de todas las especies con un continuo dominado por líneas de absorción estelar. En las figuras 2-1 y 2-2 pueden diferenciarse dos espectros típicos correspondientes a ambos tipos de galaxias.

Dentro de la clasificación por su espectro de emisión, las galaxias Seyfert 1 muestran altas densidades electrónicas ($N_e \geq 10^9 \text{ cm}^{-3}$) y líneas anchas de emisión permitidas (líneas de recombinación) de H I, He I y He II, con valores de $\Delta v_{\text{FWHM}} \sim 10^4 \text{ km/s}$, además de líneas

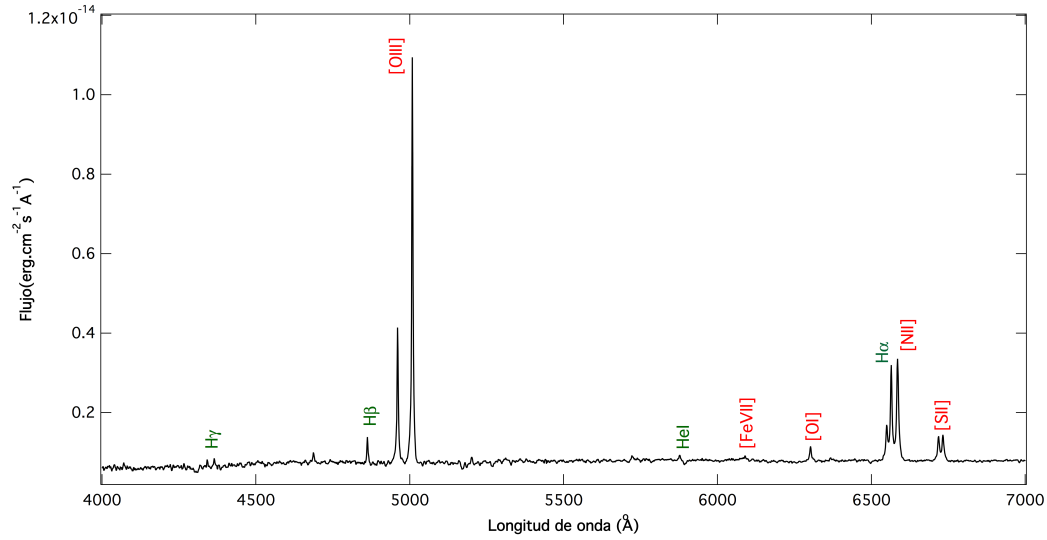


Figura 2-1.: Espectro óptico típico de una galaxia Seyfert 2 (SDSS J14503+0152) (tomado del SDSS).

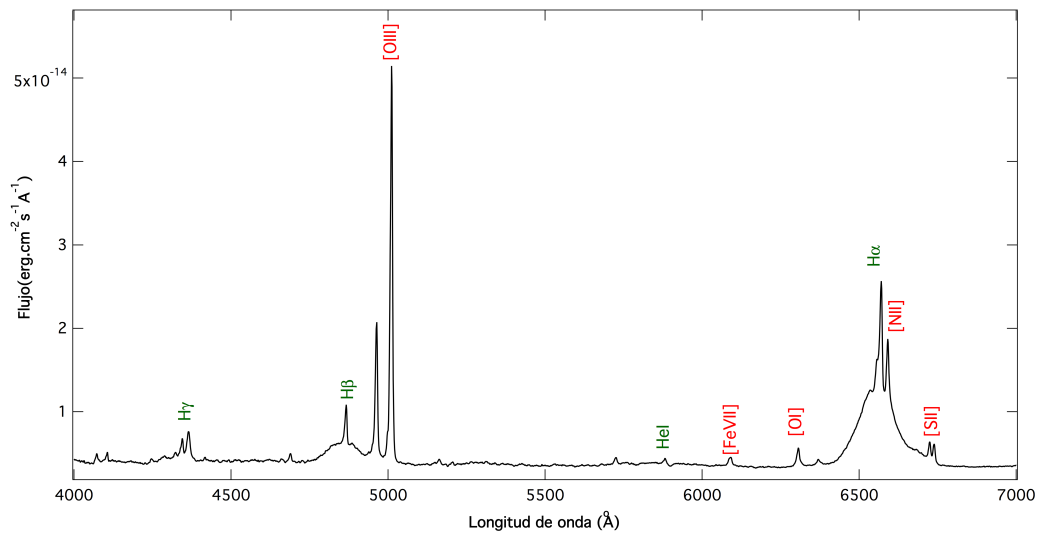


Figura 2-2.: Espectro óptico típico de una galaxia Seyfert 1 (SDSS J21461+0704) (tomado del SDSS).

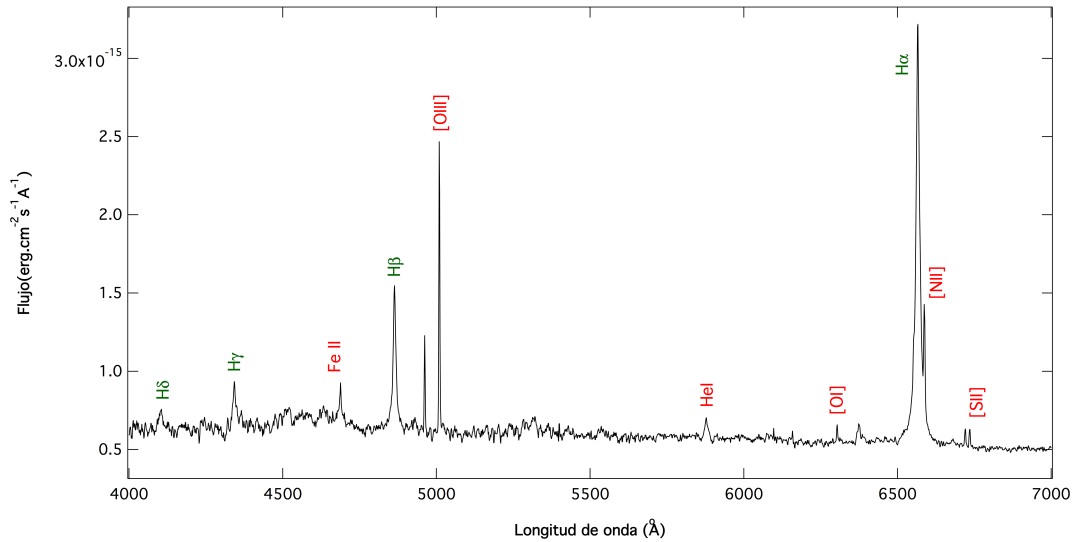


Figura 2-3.: Espectro óptico típico de una galaxia NLS1 (SDSS J13454+0259)(tomado del SDSS).

prohibidas, asociadas a gases ionizados de baja densidad (N_e entre 10^2 cm^{-3} y 10^6 cm^{-3}) de especies como $[\text{O III}]\lambda\lambda 4959, 5007$, $[\text{N II}]\lambda\lambda 6548, 6584$ y $[\text{S II}]\lambda\lambda 6716, 6731$. Los espectros de una galaxia Seyfert 2 muestran únicamente líneas angostas con Δv_{FWHM} entre 10^2 km/s y 10^3 km/s .

Se asume que el fenómeno físico que explica el ancho de las líneas de emisión en los espectros es el ensanchamiento Doppler diferencial, causado por una distribución de velocidades de las nubes emisoras. El comportamiento que da origen a las líneas anchas permitidas (producidas, como ya habíamos dicho; principalmente por H I, He I y He II) se origina en regiones con velocidades de rotación entre 5000 y 10000 km/s, mientras que las líneas prohibidas (por ejemplo $[\text{O III}]\lambda\lambda 4959, 5007$, $[\text{N II}]\lambda\lambda 6548, 6584$ y $[\text{S II}]\lambda\lambda 6716, 6731$) corresponden a regiones con velocidades de rotación del orden de 500 km/s (Woltjer, 1959; Veron, 1981).

Una subclasificación común dentro las galaxias Seyfert son las galaxias Seyfert 1 de líneas delgadas (NLS1). Con relación a su espectro, y a diferencia de las Sy 1, estos objetos se caracterizan porque la razón $[\text{O III}]/\text{H}\beta$ es generalmente menor que 3 y la Δv_{FWHM} de $\text{H}\beta$ es $< 2000 \text{ km/s}$ (figura 2-3). Así mismo, se observan complejos de Fe II, provenientes de regiones de alta densidad como la BLR y $[\text{O III}]$ relativamente débil comparado con las líneas de Balmer (Wang et al., 1996; Komossa et al., 2006).

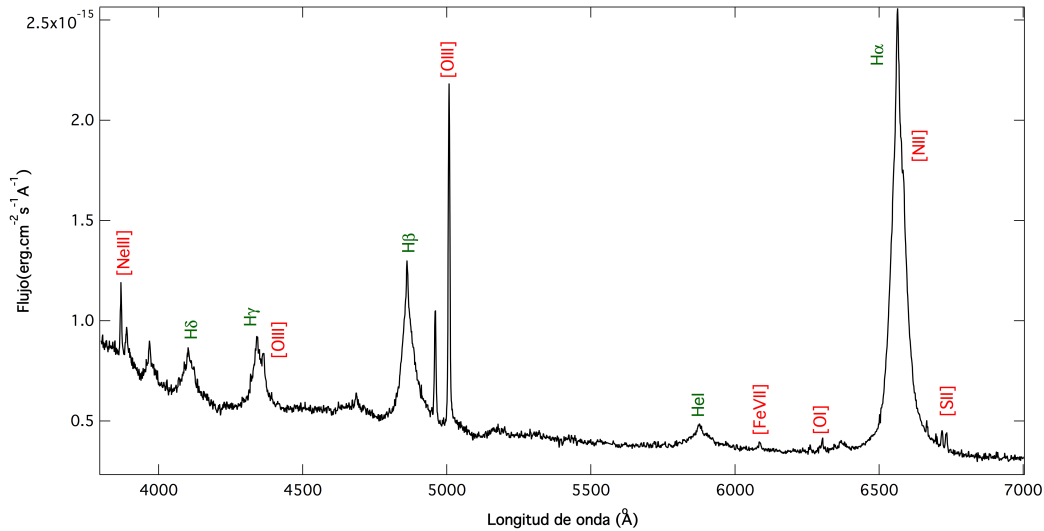


Figura 2-4.: Espectro óptico típico de un cuásar (SDSS J021359.79+004226.7) (tomado del SDSS).

2.3.2. Cuásares

Los cuásares son los AGNs que presentan la mayor luminosidad a lo largo de todo el rango de longitudes de onda en que han sido observados; estos objetos, de apariencia estelar, se caracterizan por ser fuentes intensas en radio, aunque también existen de tipo radio-silenciosos (QSOs), con débil emisión de rayos X. Son muy brillantes en el ultravioleta cercano, alrededor de la línea del Ly α de hidrógeno a 1216 Å pero, debido a sus notables corrimientos al rojo ($z > 0.14$), esta emisión usualmente se observa en el infrarrojo cercano (9000 Å).

Desde el punto de vista observacional, la identificación de la galaxia huésped puede darse para una galaxia Seyfert pero difícilmente para un cuásar, razón por la cual normalmente se utiliza el criterio dado por Véron-Cetty y Véron (2010) para su clasificación. Aquellos AGNs con magnitudes absolutas en el azul M_B más brillantes de -22.25 son considerados cuásares. Así mismo, pueden clasificarse de acuerdo con las características de su espectro de emisión, como tipo 1 y 2, de manera análoga a las galaxias Seyfert. En la figura 2-4 se presenta el espectro de un cuásar típico.

La diferencia fundamental entre las galaxias Seyfert y los cuásares radica en la cantidad de energía emitida por su núcleo, la cual en ambos casos es comparable con la emitida por todas las estrellas de la galaxia, donde, en el caso de una galaxia Seyfert, la emisión total debida a la fuente nuclear, en el visible, es de aproximadamente $10^{11}L_{\odot}$ (siendo L_{\odot} la luminosidad solar, i.e, 4×10^{26} W). Por su parte, un cuásar típico presenta una luminosidad en su fuente nuclear del orden de $10^{13}L_{\odot}$ (Peterson, 1997).

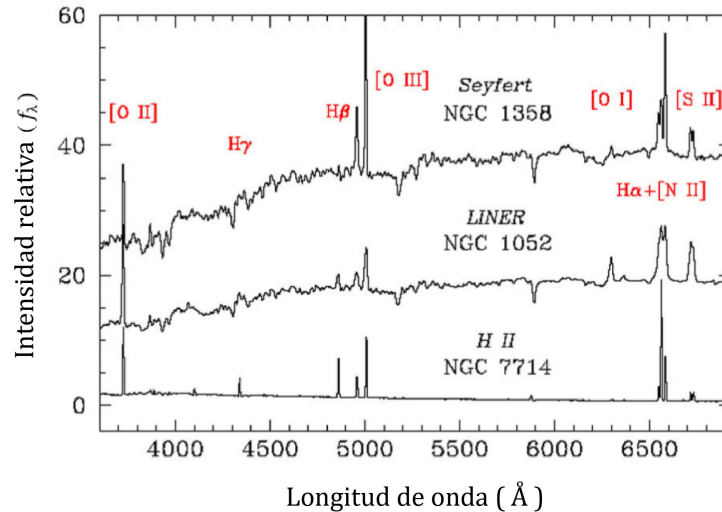


Figura 2-5.: Espectros ópticos de un núcleo emisor de líneas de baja ionización, una región H II y una galaxia Sy2. Las líneas de emisión más representativas están identificadas. (Tomado de: Ho; Filippenko & Sargent, 1993).

2.3.3. Otros AGNs

Los AGNs no solo se han clasificado por sus espectros en el óptico; en el caso de su emisión en radio también se subdividen en dos clases: Galaxias radio-silenciosas y Galaxias radio-ruidosas. Dentro de las Galaxias radio-silenciosas se encuentran las LINERs (ver más adelante), las galaxias Seyfert y los cuásares radio silenciosos (QSOs). Por su parte las Galaxias radio-ruidosas se caracterizan por mostrar una intensa emisión en radio, en el continuo óptico, y en rayos X; adicionalmente, presentan chorros (jets) que se originan en el centro compacto de la fuente, transportando energía y partículas hacia los lóbulos; ejemplos de estas son los blazares, radio cuásares y radio galaxias tanto de líneas anchas como delgadas.

Los núcleos emisores de líneas de baja ionización (LINERs) hacen parte de las versiones menos energéticas, con tipología AGN, y están probablemente más asociados con actividad estelar. Su espectro presenta líneas de emisión delgadas similares a las observadas en regiones H II y en galaxias Sy2; en la figura 2-5 puede observarse que para una región H II, las líneas de [O I], [N II], y [S II] son débiles en relación a H_{α} ; sin embargo, en los LINERs, a diferencia de las galaxias Sy2, las líneas de alta ionización están ausentes o son muy débiles (nótese la intensidad de la línea del [O III] λ 5007); así mismo, otro rasgo distintivo tiene que ver con la presencia de una mayor intensidad en las líneas de [O I] λ 6300 y [N II] λ 6584. Cabe señalar que hasta el fecha no se han identificado líneas coronales en estos objetos (Vera et al., 2014).

En cuanto a las galaxias radio-ruidosas, se denominan blazares a una subclase de cuásares,

que aparecen cuando nuestra línea de visión al objeto está cercana al eje de la radio emisión del AGN. Tienen características particulares, tales como una rápida variabilidad del continuo (del orden de días), elevada polarización y una emisión intensa en radio comparada con su emisión desde el IR hasta el UV (Kembhavi & Narlikar, 1999). Los blazares se suelen dividir en dos subclases:

- Objetos BL Lac: presentan un espectro plano, con líneas de emisión anchas en el óptico, son fuertemente variables en radio y en rayos X.
- Variables ópticamente violentos OVV: son una subclase de cuásares menos azules, con líneas de emisión anchas y débiles, comparadas con los radio cuásares.

Las radiogalaxias son AGNs identificadas mayoritariamente en galaxias elípticas y con fuerte emisión en el radio; su morfología consiste en dos lóbulos emisores de radio ubicados a ambos lados de la galaxia, que en algunos casos se extienden a escalas de los kiloparsecs. De acuerdo con su espectro en el óptico pueden clasificarse en radio galaxias de líneas anchas (Broad-Line Radio Galaxies, BLRGs) y en radio galaxias de líneas delgadas (Narrow-Line Radio Galaxies, NLRGs). Ambas clases son las contrapartes radio-ruidosas de las galaxias Sy1 y Sy2 (Blandford, Netzer & Woltjer 1990).

2.4. El modelo unificado

Uno de los aspectos más importantes en el estudio de los AGNs radica en revelar por qué existen características diferenciadas en las subclases anteriormente mencionadas y cómo un conjunto básico de parámetros puede explicar tal diversidad. El modelo que se plantea para explicar la gran producción de energía en forma de radiación en un volumen tan pequeño, posee simetría axial, en lugar de simetría esférica; se compone de un disco de acreción que rodea un Agujero Negro Supermasivo (SMBH), una estructura oscurecedora, generalmente de forma toroidal, y dos grandes conjuntos de nubes a distintas distancias de la zona central.

El principio base de unificación, para todas las subclases de AGNs, es que comparten una física común y que las diferencias entre los tipos de galaxias Seyfert, y demás objetos, están dadas tanto por la orientación relativa entre el observador y el eje del toroide, como la cantidad de energía radiada por la fuente central; esto permite explicar la presencia de líneas de emisión anchas y delgadas en los espectros (Antonucci, 1993, Cepa, 2009).

El modelo unificado comprende los siguientes componentes:

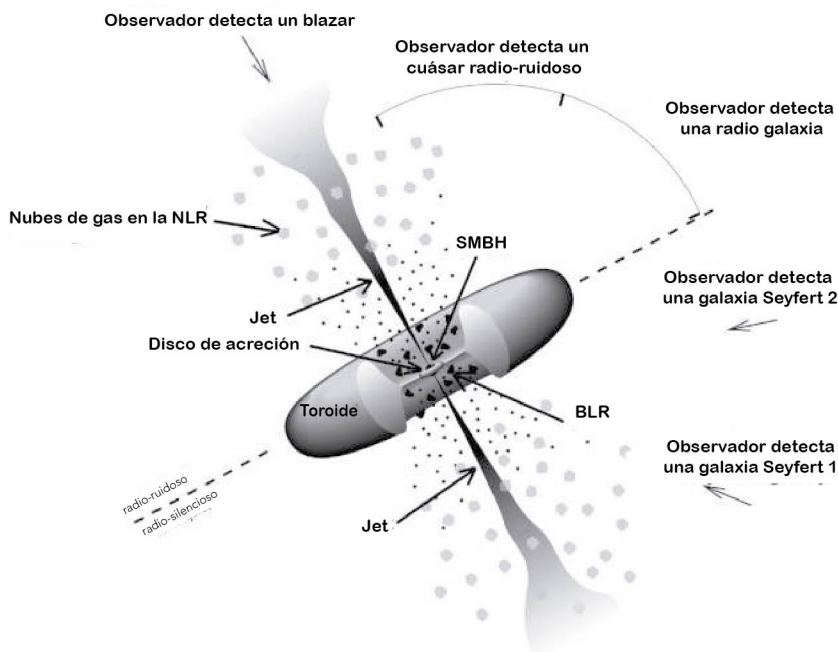


Figura 2-6.: Esquema del modelo unificado (Torres, 2004).

2.4.1. Agujero negro supermasivo (SMBH)

Es la fuente central de la actividad en el fenómeno AGN. Se asume la existencia de un objeto de millones de masas solares, por lo que se supone que está colapsado sobre sí mismo. Semejante cantidad de masa hace que aquellas nubes de gas que giran a su alrededor generen gigantescas cantidades de energía aun cuando se desplacen valores muy pequeños en su distancia al agujero negro. En el proceso de la estimación de su masa se deben tener en cuenta algunas consideraciones tales como la isotropía y la estabilidad de la fuente. El límite de Eddington¹, junto al valor de las luminosidades observadas, puede ser utilizado para establecer el mínimo valor de masa involucrada. Para el caso de una galaxia Seyfert, que presenta una luminosidad típica de 10^{44} erg/s en el núcleo, es del orden de $10^6 M_{\odot}$, y, para el caso de un cuásar, cuya luminosidad típica es de 10^{46} erg/s, es del orden de $10^8 M_{\odot}$ (Peterson, 1997).

Un método alternativo para estimar la masa del SMBH consiste en hacer uso del teorema del

¹Corresponde al límite teórico entre la cantidad de energía por unidad de tiempo máxima que puede radiar un disco de acreción, una nube de gas, o una estrella, sin que la presión de radiación supere a la fuerza de gravedad que lo mantiene en equilibrio.

virial: $M = (v^2 r)/G$, donde M es la masa central, v la velocidad de dispersión, r la distancia de las nubes emisoras y G la constante de gravitación universal. La velocidad de dispersión v se obtiene a partir del ancho de las líneas de emisión, y la distancia r al centro de las nubes emisoras se obtiene de la observación. Los valores de la M_{SMBH} se encuentran entre el rango de $10^6 M_{\odot}$ y $10^{10} M_{\odot}$.

2.4.2. Disco de acreción

El modelo actualmente aceptado para el mecanismo de generación de esta inmensa cantidad de radiación, contempla un núcleo activo donde se produce la captura o acreción de materia cayendo hacia un agujero negro supermasivo (Lynden-Bell, 1969). El gas que cae en forma de disco presenta una estructura rotante que pierde energía potencial gravitacional mediante procesos viscosos y turbulentos; se calienta alcanzando temperaturas del orden de los 10^6 K donde cerca del 10 % de la materia acretada es convertida en energía la cual es detectada en forma de radiación en un amplio rango de longitudes de onda (Peterson, 1997).

2.4.3. La región de líneas anchas (BLR)

La región de líneas anchas (Broad Line Región, BLR) constituye la región emisora de líneas más próxima a la fuente central y, por lo tanto, proporciona información importante en el entendimiento del fenómeno AGN y los procesos físicos que se llevan a cabo en las estructuras internas. Las líneas características, y de mayor intensidad observadas correspondientes a esta región, son las del hidrógeno de las serie de Balmer (H_{α} , H_{β} , H_{γ}) y $\text{Ly}\alpha$ (1216\AA), aunque también aparecen fuertes líneas permitidas de especies químicas ionizadas tales como C IV y Si IV. La BLR reprocessa la energía emitida por el continuo de la fuente a energías ionizantes ultravioletas, que pueden observarse directamente y proporcionan información sobre esta parte del continuo (Peterson, 1997).

Las densidades electrónicas de las nubes que conforman esta región y producen las líneas de emisión en los espectros son cercanas a 10^{11} cm^{-3} . Estas líneas son generadas a partir de transiciones atómicas permitidas, que presentan variación en su intensidad. Debido a que en el presente no es posible resolver espacialmente la BLR con ningún telescopio, se puede emplear la variación del continuo y mapas de reverberación para determinar su tamaño, el cual comprende distancias entre 0.01 a 1 pc, con una temperatura electrónica asociada del orden de 10^5 K. Las componentes anchas de las líneas permitidas manifiestan diferencias según la clase de objeto y se originan en regiones con velocidades que oscilan entre $\Delta v_{\text{FWHM}} \sim 10^3$ y 10^4 km/s (Peterson, 1997).

2.4.4. Toroide

Osterbrock (1978) sugirió que las galaxias Seyfert 1 y 2 son, en esencia, el mismo objeto y que la presencia de un conjunto de nubes oscurecedoras en forma de toroide impide al observador detectar la emisión proveniente de las regiones más internas. De este modo el tipo Sy2 puede explicarse en términos de observar la galaxia directamente en el plano del toroide, lo que evita tener acceso a la BLR. Un estudio en radiación polarizada realizado por Antonucci & Miller (1985) para la galaxia Sy2 NGC 1068, permitió confirmar la presencia de un toroide, cuando se evidenció la presencia de líneas anchas en el espectro las cuales son características de galaxias Sy1.

La región del toroide en el modelo unificado se asume como una distribución de polvo y gas molecular que rodea la fuente central, y se encuentra confinada en una forma similar a la descrita en la Figura 2-6. Posee un radio interno mayor a 1pc, y radio externo menor a 10 pc, donde los granos más cercanos al AGN son constituidos de grafito y los más alejados conformados por silicatos. Esta región es una fuente emisora tanto del continuo como de líneas en el infrarrojo, y es opaca a los rayos X blandos, lo cual permite explicar el espectro de rayos X duros de las galaxias Seyfert 2.

2.4.5. La región de líneas delgadas (NLR)

La región de líneas delgadas (Narrow Line Region, NLR) se encuentra fuera del toroide ($10 < r < 100$ pc) y es la componente más alejada de la fuente central; por tal motivo es la única que puede ser resuelta espacialmente con la generación actual de telescopios. Está conformada por nubes de gas que se mueven con una rapidez que varía entre $\Delta_{\text{VFWHM}} \sim 200 - 1000$ km/s, lo cual explica que el ancho de las líneas de emisión sea significativamente menor que en la BLR. Se caracteriza por la presencia de líneas de emisión prohibidas y densidades del orden de 10^4 cm^{-3} y temperaturas electrónicas de 10^4 K comparables con aquellas observadas en regiones H II.

Las líneas prohibidas corresponden a transiciones A_{ij} con probabilidades de emisión muy pequeñas [$A_{ij} \sim 10^{-2} \text{ s}^{-1}$] en relación con las líneas permitidas [$A_{ij} \sim 10^8 \text{ s}^{-1}$], donde A_{ij} corresponde al número de transiciones por unidad de tiempo entre dos niveles energéticos. La densidad de electrones en la NLR es lo suficientemente baja como para permitir que muchas transiciones de baja probabilidad no sean suprimidas colisionalmente o por fotoionización; dichas líneas prohibidas no son producidas por recombinaciones ión-electrón (Cardona, 2015).

Usualmente, los valores de las densidades en esta región se determina midiendo la razón de flujos de dos líneas de un mismo ión; ejemplos de pares muy conocidos son $[\text{O II}]^4\text{S}_{3/2} - ^2\text{D}_{5/2}$ y $[\text{S II}]^4\text{S}_{3/2} - ^2\text{D}_{3/2}$. Para determinar los valores de la temperatura electrónica se seleccionan

líneas que tengan potenciales de ionización muy separados; las líneas más utilizadas son [O III] $\lambda\lambda$ 4363, 4959, 5007, y [N II] $\lambda\lambda$ 5755, 6548, 6584 (Higuera, 2011).

2.4.6. Líneas Coronales en galaxias Seyfert

En los espectros de algunos AGNs se han encontrado líneas de emisión denominadas líneas coronales (LC), las cuales surgen de transiciones prohibidas de estructura fina del estado base, provenientes de especies químicas altamente ionizadas y con potenciales de ionización del orden o mayores a 100 eV (Gelbord, 2009). Por esta razón las líneas coronales se denominan también FHILs (Forbidden high-ionization lines, líneas prohibidas de alta ionización). El nombre líneas coronales es una consecuencia de que dichas emisiones fueron detectadas por primera vez en la corona solar (Harkenss & Young, 1878). Ejemplos comunes son [Fe VII] $\lambda\lambda\lambda\lambda$: 3759, 5158, 5721, 6087, [Ne V] λ 3425 y [Fe X] λ 6374. La tabla 2-1 ilustra valores representativos de los potenciales de ionización (PI) para ciertas FHILs.

Ion	λ [Å]	PI [eV]
[Ne V]	3425	98
[Fe VII]	3759	99
[Fe VII]	6087	99
[Fe X]	6374	235
[Fe XI]	7892	262
[Fe XIV]	5303	361
[S XII]	7611	504

Tabla 2-1.: Potenciales de ionización (PI) para las líneas coronales más frecuentes observadas en galaxias Seyfert (Mazzalay, 2010).

Los estados excitados que dan lugar a la emisión de FHILs son producidos por mecanismos de excitación colisional electrónica de los estados base, tal y como ocurre con la formación de otras líneas prohibidas más conocidas, como es el caso de [O III] $\lambda\lambda$ 4959, 5007, detectadas también en nebulosas planetarias. Dichas emisiones se observan en la región del ultravioleta cercano, óptico y en el infrarrojo cercano y medio. La figura 2-7 muestra las líneas del [Fe VII] λ 6087, [Fe X] λ 6374 y [Fe XI] λ 7892. Es importante tener en cuenta que las transiciones que dan origen a las LCs, son excitadas solo por colisiones (Oliva, 1995). En el apéndice se encuentran algunos datos atómicos de las principales FHILs² que se estudian en el presente trabajo.

²<http://physics.nist.gov/cgi-bin/ASD/lines1.pl>

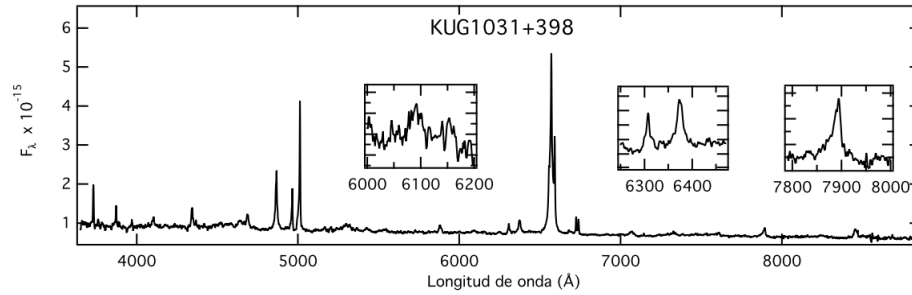


Figura 2-7.: FHILs en el espectro de la galaxia Seyfert KUG1031+398 (tomado del SDSS).

Las FHILs constituyen un indicativo de la presencia de procesos altamente energéticos los cuales se pueden dar también por choques entre nubes dotadas de alta velocidad. Debido a que fuentes tales como galaxias normales, galaxias Starburts y LINERs, no alcanzan a producir fotones con energías del orden de los 100 eV capaces de ionizar las especies químicas en los niveles de ionización requeridos, dichas emisiones no han sido detectadas en sus espectros (Koski, 1978; Nagao, et al. 2000). Esto permite ofrecer un indicio de la presencia de un AGN en una galaxia activa. Este es el caso de ambos tipos de galaxias Seyfert, donde las FHILs son relativamente fáciles de detectar, siendo más intensas en las Sy1 que en las Sy2, pese a que no todas son emisoras de LCs (Penston et al., 1984; Schmitt, 1998).

Desde el punto de vista observacional, al ser comparadas con las líneas de recombinación (H_α , H_β), o las líneas prohibidas de baja ionización ($[\text{O III}]\lambda\lambda 4959, 5007$, y $[\text{N II}]\lambda\lambda 6548, 6584$ que son tan comunes en los espectros de AGNs), las FHILs no suelen ser líneas de gran intensidad, aunque depende del objeto estudiado. Usualmente $[\text{Fe VII}]\lambda 6087/[\text{O III}]\lambda 5007 \sim 1/15 - 1/100$, (ver Figura 2-7). Además, la contaminación en numerosos casos por líneas de absorción estelar hacen que la verificación de la presencia de FHILs en un espectro y su medida no sea una tarea inmediata, requiriéndose en la mayoría de los casos relaciones de señal/ruido cercanas o superiores a 10 para llegar a un resultado significativo (Portilla, 2011).

2.4.7. La región de líneas coronales (CLR)

Actualmente no se ha podido establecer claramente una localización definida para la emisión de líneas coronales. Diferentes estudios han logrado establecer que las nubes emisoras de FHILs poseen velocidades comprendidas entre el rango de 400 – 1000 km/s, es decir, valores intermedios entre las velocidades que presentan entre la NLR y el límite externo de BLR donde las densidades críticas por excitación colisional son del orden de $N_e \sim 10^7 \text{ cm}^{-3}$, donde FHILs de baja ionización tienden a estar presentes en las zonas más alejadas y de menor velocidad, y las de más alta ionización se ubican más cerca de la fuente central y a mayor velocidad. Algunos trabajos apuntan a que la pared interior del toroide al encontrarse

expuesta a una intensa radiación podría ser una zona adecuada para ubicar la CLR, sin embargo, en principio esto no permitiría explicar la aparición de líneas corales en galaxias Seyfert 2 (Rodríguez& Ardila, 2006).

Cálculos con modelos de fotoionización sugieren que la CLR está localizada principalmente a menos de 10 pc del núcleo activo, sin embargo también es conocido que algunos núcleos Seyfert tienen una CLR extendida cuya extensión es del orden de 1 kpc, donde la presencia de la CLR extendida es explicada usualmente como resultado de condiciones de muy baja densidad en el medio interestelar ($n_H \sim 1 \text{ cm}^{-3}$) haciendo posible alcanzar condiciones de alta ionización (Korista & Ferland, 1989). Maruyama & Taniguchi (1998) a partir del análisis de intensidades relativas de líneas corales en objetos tipo 1 y tipo 2, describen tres escenarios acerca de la ubicación de la CLR, en términos de tres propiedades físicas, su extensión (r), densidad electrónica N_e y FWHM las cuales aparecen indicadas en la tabla 2-2.

Escenario	r (pc)	N_e	FWHM (km/s)	Ubicación
Toro como CLR	~ 1	$\sim 10^7 - 10^8$	~ 1300	Toroide (interior)
CLR complementaria	$\sim 1 - 100$	$\sim 10^3 - 10^6$	400 - 750	NLR
CLR extendida	~ 1000	~ 1	< 50	NLR(extendida)

Tabla 2-2.: Ubicación de la CLR bajo distintos escenarios.

3. La muestra

El presente capítulo está dedicado a describir el proceso metodológico llevado a cabo para consolidar la muestra de espectros ópticos de las galaxias Seyfert 2 emisoras y no emisoras de [Fe VII], junto a los procesos de corrección, inspección de líneas de estudio y mediciones fotométricas, tales como el índice de color; igualmente se especificará el proceso de implementación de códigos SQL en la base de datos del SDSS en su décimo cuarta versión, a partir de los esquemas de clasificación de los diagramas BPT. Esta sección se centrará en explorar si existe una diferencia de poblaciones entre aquellos objetos que emiten líneas coronales de los que no; estas diferencias han sido reportadas especialmente en galaxias Seyfert 1 pero no hay resultados concluyentes en galaxias Seyfert 2, razón por la cual resulta esencial reunir un número lo suficientemente elevado de galaxias de este tipo.

3.1. Repositorio del SLOAN

El repositorio del cielo del Sloan (SDSS, Sloan Digital Sky Survey) es un repositorio cuya consulta y disponibilidad de datos fotométricos y espectroscópicos es directa para quien así lo desee. Utiliza un telescopio de 2.5 metros de diámetro, ubicado en el observatorio Apache Point, en el sureste de Nuevo México (Latitud: $32^{\circ}46'49,30''N$, Longitud: $105^{\circ}49'13,50''W$, Altitud: 2788 msnm)(Loveday, 2002; Abazajian et al., 2003). El proyecto ha permitido generar trabajos de gran impacto en la investigación astronómica, enmarcado en 4 etapas de estudio durante más de 18 años de funcionamiento (SDSS-I, 2000-2005; SDSS-II, 2005-2008; SDSS-III, 2008-2014; SDSS-IV, 2014-2020) (Gunn et al., 2006).

Dentro de la décimo cuarta versión (DR14), el instrumento BOSS (Baryon Oscillation Spectroscopic Survey) del Sloan, se ha centrado en observaciones de galaxias con desplazamientos al rojo relativamente altos y que son de utilidad en el estudio particular de las FHILs en espectros de galaxias Seyfert. Ha incrementado su muestra de espectros a más de 1.5 millones de galaxias en el rango óptico, los cuales han sido reducidos usando fibras ópticas mejoradas; así mismo, se disminuyó la señal ruido y se amplió la sensibilidad de las cámaras CCD en los extremos rojo y violeta (Abolfathi et al., 2018).

El BOSS tiene dos espectrógrafos con una resolución $\Delta\lambda/\lambda$ que puede variar entre (1850-2650) y alimentados por fibra óptica que cubren el rango ($3600 - 10500 \text{ \AA}$) en 4098 pixeles;

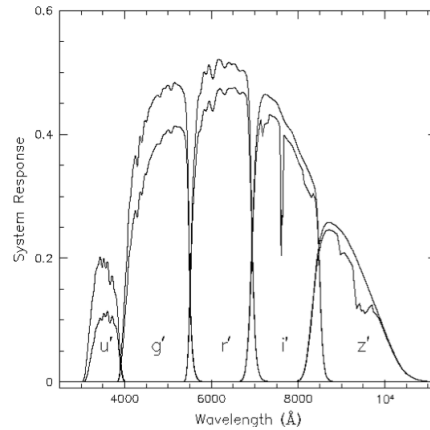


Figura 3-1.: Las curvas de respuesta del sistema SDSS. Las respuestas se muestran sin extinción atmosférica (curvas superiores) y modificadas por la extinción en 1.2 masas de aire (curvas inferiores). Tomado de (<http://www.astro.princeton.edu/PBOOK/camera/camera.html>)

cada espectrógrafo tiene 2 cámaras, una roja y una azul con una división dicrónica aproximada de 6000 Å. El plano focal consta de 1000 agujeros perforados en una placa de aluminio, de manera que 1000 fibras ópticas de 2'' de diámetro están conectadas a los agujeros. Las fibras envían la luz proveniente del objeto a través de un divisor de haz semitransparente que refleja la parte azul del espectro óptico y, al mismo tiempo, da paso a la luz roja para ser registradas por separado por las CCDs (Gunn et al., 1998).

La cámara que recoge los datos fotométricos utiliza 30 arreglos de CCD de 2048×2048 pixeles dispuestos en 6 columnas de cinco CCDs cada uno alineados en las columnas de pixeles de los propios CCDs. Los filtros *u*, *g*, *r*, *i*, *z* cubren las respectivas filas de la matriz en ese orden. La prospección opera el instrumento en modo escaneo, de tal forma que la cámara lee lentamente las CCDs a medida que los datos son obtenidos mientras que el telescopio se mueve para que las imágenes se muevan a lo largo de las columnas, produciendo 5 imágenes de un objeto dado todas de una misma columna donde luego se promedia la información (Gunn et al., 1998).

Las cámaras CCD del SDSS tienen diferentes sensibilidades para las diferentes longitudes de onda. Las curvas de respuesta del detector (Figura 3-1) muestran la eficiencia cuántica con sus respectivas longitudes de onda centrales (Tabla 3-1) para cada uno de los 5 filtros. Estos definen el sistema fotométrico de la prospección que incluye la extinción a través de una masa de aire de 1.2 en el Apache Point. Dichos filtros no se solapan y cubren longitudes de onda entre 3800 – 9200 Å; igualmente, poseen alta eficiencia para objetos tenues presentando gran homogeneidad y calidad (Stoughton et al., 2001).

Filtro	$\lambda_{\text{central}} [\text{\AA}]$	FWHM [\AA]	q_t
u	3543	567	0.124
g	4770	1387	0.451
r	6231	1373	0.563
i	7625	1526	0.502
z	9134	950	0.129

Tabla 3-1.: Parámetros de los filtros derivados de las curvas de la Figura 3-1. La cantidad q_t es el pico de la eficiencia cuántica del sistema en cada banda.

3.2. Uso de diagramas BPT

Baldwin et al. (1981) propusieron un diagrama de diagnóstico, conocido como diagrama Baldwin-Phillips-Terlevich (BPT) para clasificar los distintos objetos con espectro de líneas delgadas a partir de sus razones de flujo. Como es sabido, al igual que un AGN, una galaxia que esté sometida a una formación estelar activa tiene un espectro que presenta líneas de emisión similares a las encontradas en regiones ionizadas (regiones H II); el diagrama permite distinguir estos fenómenos de las otras posibles fuentes de emisión incluidos los LINERs y facilita su búsqueda en los repositorios; aun cuando una exacta demarcación entre galaxias starburst y AGN se considera algo incierta.

Específicamente este diagrama se basa en las razones de flujo integrado en el rango óptico entre los pares de líneas de emisión de $[\text{O III}]\lambda 5007/\text{H}_\beta 4861$, para clasificar y diferenciar las galaxias Seyfert 2 de los Liners y galaxias con formación estelar activa (o galaxias starburst). Dichas relaciones utilizan líneas con valores cercanos en longitud de onda con el propósito de disminuir en lo posible los efectos del enrojecimiento, aunque se ven afectadas por la extinción galáctica (Kewley, 2006).

Kewley et al. (2001) utilizaron una combinación de modelos de síntesis de población, metalicidad, y modelos teóricos detallados de fotoionización para establecer una línea teórica en el diagrama BPT denominada *K01* descrita por la expresión:

$$\log([\text{O III}]\lambda 5007/\text{H}_\beta) = \frac{0,61}{\log([\text{N II}]/\text{H}_\alpha) - 0,47} + 1,19 \quad (3-1)$$

para demarcar un límite entre la región de formación estelar (FS) del fenómeno AGN e incluyen dos diagramas adicionales que igualmente parametrizan la división a partir de las razones de flujo entre $[\text{N II}]\lambda 6583/\text{H}_\alpha 6563$, $[\text{S II}]\lambda 6716 + 6731/\text{H}_\alpha 6563$ y $[\text{O I}]\lambda 6300/\text{H}_\alpha 6563$ y las cuales están dadas mediante las expresiones:

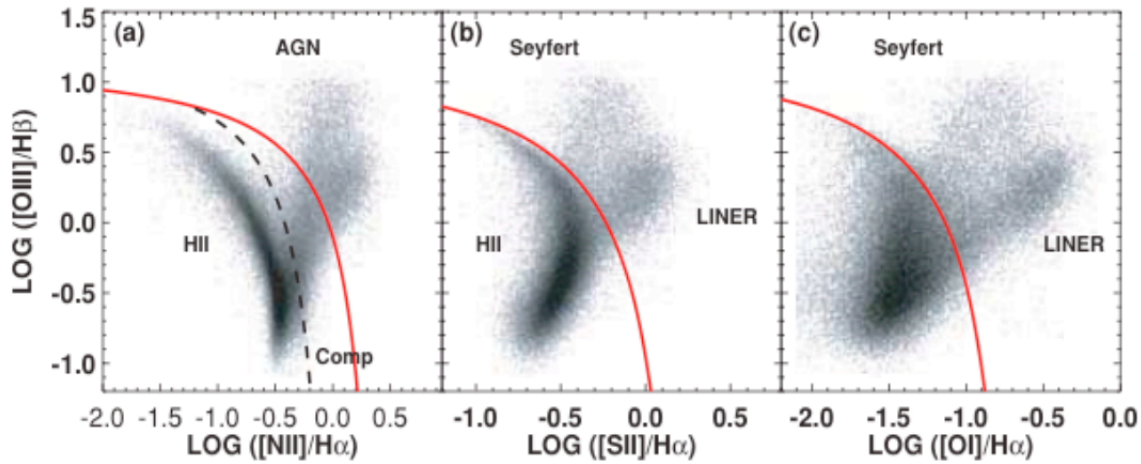


Figura 3-2.: El diagrama diagnóstico BPT muestra el esquema de clasificación de galaxias de líneas delgadas a partir de las razones de flujo. En el diagrama (a) se muestran las líneas de clasificación teórica *K01* (línea roja) y *K03* (línea punteada discontinua), las cuales marcan el límite de las regiones de formación estelar (SF) y objetos del fenómeno AGN. Las galaxias que se encuentran por debajo de la línea *K03* se clasifican como regiones H II. En la región ubicada entre la línea roja y la línea gris punteada, se encuentran los objetos clasificados como compuestos, de acuerdo al trabajo de Kewley et al. (2001). Los diagramas (b) y (c) son los resultados de las líneas de demarcación descritas en el mismo trabajo en términos de las razones de flujo entre $[S II]\lambda 6716 + 6731/H\alpha 6563$ y $[O I]\lambda 6300/H\alpha 6563$ y que son adoptadas en nuestros criterios de búsqueda.

$$\log([O III]\lambda 5007/H\beta) = \frac{0,72}{\log([S II]\lambda 6716, 31/H\alpha) - 0,32} + 1,30 \quad (3-2)$$

$$\log([O III]\lambda 5007/H\beta) = \frac{0,73}{\log([O I]\lambda 6300/H\alpha) + 0,59} + 1,33 \quad (3-3)$$

Estas demarcaciones constituyen un buen indicador del mecanismo de ionización de la parte central del objeto (Figura 3-2). Para descartar posibles galaxias compuestas, Kauffmann et al. (2003) incluyen una demarcación teórica, denominada *K03* entre las galaxias starburst y el fenómeno AGN que cumplen la siguiente parametrización:

$$\log([O III]\lambda 5007/H\beta) = \frac{0,61}{\log([N II]λ 6583/H\alpha) - 0,05} + 1,30 \quad (3-4)$$

Con el propósito de distinguir entre objetos Seyfert 2 y LINER, Cid Fernandes et al. (2010)

desarrollan un modelo para parametrizar una línea de frontera (*CF10*) en el diagrama original BPT; por encima de ésta, se ubican las galaxias tipo Seyfert 2 y por debajo las galaxias tipo LINER. Esta dada por:

$$\log([\text{O III}]\lambda 5007/\text{H}\beta) = 1,01 \log\left(\frac{[\text{N II}]}{\text{H}\alpha}\right) + 0,48 \quad (3-5)$$

Igualmente proponen un método alternativo y más preciso al momento de distinguir entre fuentes de baja ionización, AGNs débiles y galaxias con formación estelar, proponiendo el uso del ancho equivalente (EW) de la línea de $\text{H}\alpha$. En comparación con los diagramas de diagnóstico estándar, el parámetro propone una separación que ayuda a determinar con más certeza si la razón de flujos corresponde a un AGN o a otro proceso de fotoionización, el criterio permite dividir de manera confiable las galaxias Seyfert 2 y LINER al considerar un límite en $\text{EW}(\text{H}\alpha) > 6\text{\AA}$ (Sanchez et al. 2017; Barrera-Ballesteros et al. 2016).

3.3. Índice de color

Un método empleado para examinar la intensidad en el UV y el grado de contribución de la zona más energética del óptico es medir qué tan “azulada” es una galaxia. Esto se realiza mediante la determinación del índice de color. En nuestro caso para los objetos descargados del SDSS, fueron obtenidos los valores de magnitud en las cinco bandas fotométricas utilizadas por los CCDs, cuyas longitudes de onda efectivas aparecen señaladas en la sección 3.1. De esta manera es posible determinar diferencias en distribución en los índices de color, para las dos poblaciones mencionadas anteriormente compuestas por galaxias Seyfert 2 (una que presenta emisión de $[\text{Fe VII}]$ y otra que no).

Muruyama & Taniguchi (1998) encontraron una diferencia notable entre la razón de flujos $[\text{Fe VII}]\lambda 6087/[\text{O III}]\lambda 5007$ en una muestra de 35 galaxias Sy1 y Sy2 recolectadas de la literatura, detectándose exceso de $[\text{Fe VII}]\lambda 6087$ en las primeras. Portilla (2011) basado en una búsqueda manual, comparó la probabilidad de emisión del ión $[\text{Fe VII}]\lambda 6087$ una muestra de galaxias Sy2 encontrando que el 15 % de estos objetos, correspondientes a 39 galaxias, son emisoras de $[\text{FeVII}]$, frente a una probabilidad de emisión del 43 % de $[\text{FeVII}]$ en el caso de galaxias Seyfert 1. Vera, (2014) amplía la muestra de galaxias Sy2 emisoras de $[\text{FeVII}]$ a 157 objetos, obtenidos partir de datos de la literatura y consultas SQL en el SDSS y encuentra igualmente emisión preferencial de FHILs en galaxias Seyfert 1.

Portilla (2011) estudió las distribuciones en porcentaje de galaxias Seyfert (no discriminadas por tipo), que presentan o no emisión de $[\text{Fe VII}]$ (figura 3-3) para una muestra de 171 objetos Sy1 y 57 objetos Sy2, en función de los índices de color u-g y g-r. Al comparar los

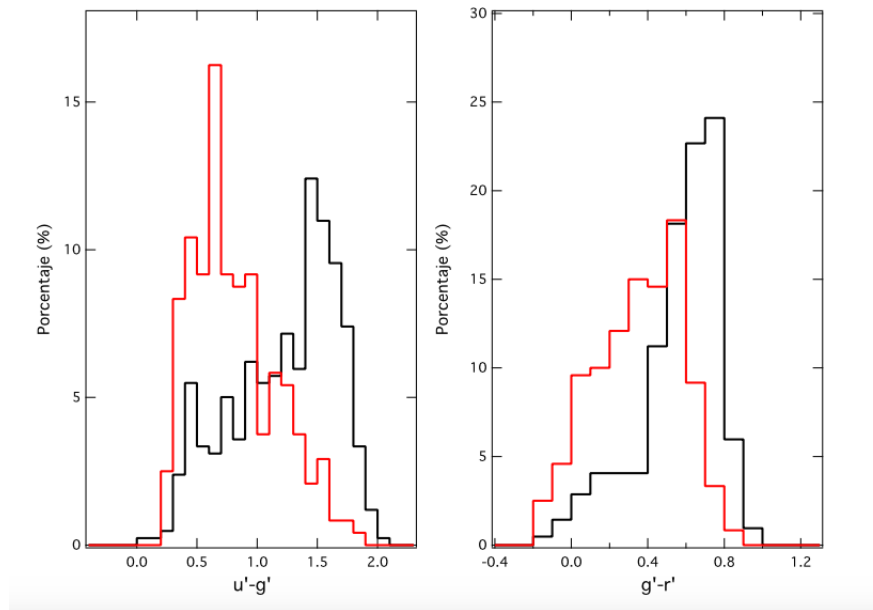


Figura 3-3.: Distribuciones en porcentaje de galaxias Seyfert que presentan o no emisión de $[\text{Fe VII}]\lambda 6087$ (color rojo y negro respectivamente) en función de índice de color (Portilla, 2011).

histogramas, encontró una diferencia entre las dos muestras para el índice u-g. La mayor parte de los objetos con emisión coronal presentaron valores de u-g pequeños, entre 0.4 y 1.0, en tanto que los objetos sin emisión coronal tienden a concentrarse en una zona con valores de u-g entre 1.0 y 2.0. Una diferencia entre las dos muestras, aunque no tan marcada, fue observada también con el índice g-r, en donde la mayoría de los objetos con emisión coronal se ubican entre -0.2 y 0.8.

Igualmente, hace la distribución en porcentaje en función de los índices de color u-g y g-r pero por tipo de galaxia (ver figura 3-4) reportando diferencias entre las muestras emisoras o no de $[\text{Fe VII}]$ en galaxias Sy1 y Sy2. Los objetos emisores de $[\text{Fe VII}]$ indicaban valores menores para ambos índices de color independientemente del tipo de galaxia. En lo que respecta a las galaxias Sy1, casi la totalidad de la muestra emisora de $[\text{Fe VII}]$ tiene valores del índice u-g que se concentran entre 0.3 a 1.1, mientras que la muestra no emisora de $[\text{Fe VII}]$ posee valores que, si bien presentan valores dentro de ese mismo rango, existe una proporción no despreciable de objetos que tienen valores entre 1.2 a 1.8. Para las Sy2 la diferencia resultó ser más marcada aun: la gran mayoría de los objetos emisores de $[\text{Fe VII}]$ poseían valores de u-g entre 0.6 a 1.4 mientras que los no emisores se concentran en un intervalo de valores entre 1.3 y 2.0.

Un comportamiento semejante, aunque no tan acentuado, fue igualmente observado en el índice g-r donde las Sy1 emisoras de $[\text{Fe VII}]$ poseen valores de g-r en un amplio intervalo que va de -0.2 a 0.7, las Sy2 muestran valores entre 0.3 y 0.8. Con las no emisoras de $[\text{Fe VII}]$

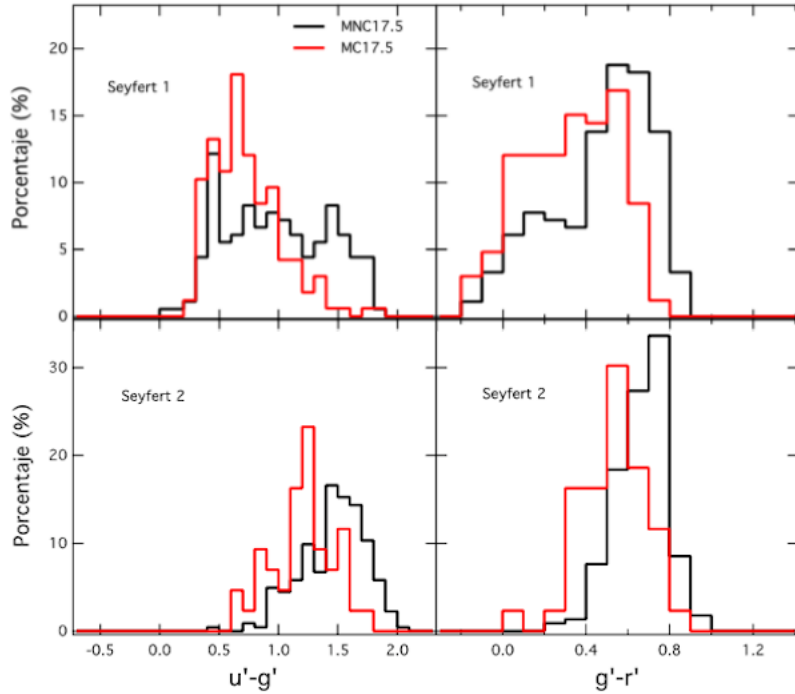


Figura 3-4.: Distribuciones en porcentaje de galaxias Seyfert 1 y 2 en función del índice de color $u-g$ y $g-r$ que presentan o no emisión de $[\text{FeVII}]$ (color rojo y negro respectivamente) (Portilla, 2011).

la diferencia resultó ser más notoria: mientras que en las Sy1 parece también existir dos poblaciones, una concentrada entre -0.2 y 0.4 y otra, más voluminosa, entre 0.5 y 0.9 ; en las Sy2 solo aparecieron objetos no emisores de $[\text{Fe VII}]$ con valores entre 0.4 y 0.9 . Bajo este escenario, las Sy1 con emisión de $[\text{Fe VII}]$ presentan valores de $u-g$ menores que los que presentan las Sy2 en virtud de que las primeras tienden a poseer un continuo UV más brillante que las Sy2 (Mulchaey et al., 1994).

Nuestro trabajo pretende establecer un análisis estadístico entre la distribución de galaxias Sy2 emisoras y no emisoras de $[\text{Fe VII}]$ basada en la determinación de los índices de color $u-g$, $u-r$, $g-r$, $g-i$, y $r-z$ de ambas poblaciones, la cual no ha sido estudiada a profundidad, dado el escaso número de objetos y la dispendiosa tarea de inspeccionar las emisiones coronales de manera manual. Se espera que al analizar datos provenientes de una fuente homogénea y aumentar la muestra de galaxias Sy2 nuestros resultados permitan explorar en detalle los rangos de valores reportados anteriormente.

La mayoría de los estudios basados en la emisión de líneas coronales emplean las emisiones del flujo de líneas prohibidas de baja ionización como es el caso de $[\text{O III}]\lambda 5007$ y $[\text{O I}]\lambda 6364$, e igualmente la relación entre las razones de flujo entre líneas permitidas y FHILs siendo la línea del $[\text{Fe VII}]\lambda 6087$ la más utilizada debido a su intensidad y frecuencia en el rango óptico

del espectro. Una limitación que presenta este método, en términos del modelo unificado, es que las regiones donde se ubican las nubes responsables de la emisión de los distintos tipos de líneas serían, en principio diferentes, razón por la cual resulta interesante medir razones de flujo únicamente entre líneas coronales y las cuales han sido estudiadas con mayor detalle en galaxias Seyfert 1 (Murayama y Taniguchi, 1998), (Rodríguez-Ardila et al., 2006).

En el caso de las galaxias Sy2 las muestras de FHILs en los distintos estudios han sido considerablemente inferiores, razón por la cual resulta interesante aumentar la muestra de galaxias con emisión de FHILs y determinar si existe diferencia entre su distribución y características fotométricas. Nuestra comparación estadística entre galaxias Sy2 emisoras y no emisoras de FHILs, comprende prácticamente el doble de objetos estudiados en el trabajo de Vera (2014); se espera que el presente trabajo permita por vez primera extraer conclusiones sobre la proporción de estos objetos que presentan emisión coronal; lo anterior con relación a estudiar la posible región de origen de estas líneas e inferir información sobre la ubicación espacial de la región denominada CLR.

Con el propósito de estudiar las líneas prohibidas de alta ionización en una muestra totalmente homogénea, se aprovechó el gran número de espectros en el óptico de galaxias en el repositorio del SDSS; en específico, las líneas coronales que fueron localizadas y estudiadas fueron las del $[\text{Fe VII}]\lambda\lambda\lambda\lambda 3759, 5158, 5721, 6087$ siendo esta última usualmente la más intensa en la gran mayoría de casos. A partir de la medición de los flujos integrados de dichas FHILs, se determinarán parámetros físicos tales como densidad y temperatura electrónica de la región que da origen a estas líneas.

3.4. Selección de galaxias Sy2 mediante SQL

En su último artículo Véron-Cetty y Véron (2010) reportan alrededor de 16500 objetos Sy1 y 2300 Sy2, resultando evidente el escaso número de galaxias Seyfert, siendo aun menor las reportadas con emisión de FHILs, especialmente del tipo Sy2. En los últimos años el acceso a datos fotométricos y espectroscópicos suministrados por distintos repositorios han generado un impacto importante en el estudio de nuevos objetos y han permitido ampliar las muestras mediante el uso de distintos motores de búsqueda, los cuales además del uso del ID y de las coordenadas galácticas o ecuatoriales, emplean lenguajes estructurados que se aplican a características medibles.

Para catalogar y diferenciar un espectro de una de galaxia Seyfert existen características distintivas medibles en ellos; ejemplo es el flujo integrado de la línea de $[\text{O III}]\lambda 5007 > 2 \times 10^{-15} \text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ y de la línea $\text{H}_\beta > 1 \times 10^{-15} \text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Heckman, 1980). En nuestro caso se aprovechó la herramienta SQL (Structured Query Language) disponible en el

servidor del SDSS, la cual permitió reconocer y aplicar un código específico¹ sobre la base de datos, facilitando así la búsqueda a partir de los parámetros provenientes de modelos teóricos y observacionales descritos en el diagrama BPT.

Delimitando el proceso de búsqueda de las FHILs mencionadas previamente, se estudiaron objetos con $z > 0.02$, para efectos de garantizar la detección de la línea de $[\text{Fe VII}]\lambda 3759$ en el espectro. Igualmente se evidenció que para $z > 0.13$ la absorción del medio interestelar es más acentuada dificultando la tarea de detección y medición del flujo de las líneas de interés. Las siguientes razones de flujo que surgen del diagrama de diagnóstico BPT y que fueron utilizadas en la búsqueda de galaxias Seyfert 2, permitieron constituir una muestra homogénea representada en 567 objetos del SDSS con sus respectivos valores de magnitud en las cinco bandas y sus espectros con una relación señal/ruido cercana a 10, ya reducidos y calibrados tanto en flujo como en longitud de onda. Los siguientes son los rangos entre las razones de flujo adoptadas para obtener los objetos de estudio:

- $3 < [\text{O III}]\lambda 5007 / \text{H}\beta\lambda 4861 < 16$
- $0,6 < [\text{N II}]\lambda 6583 / \text{H}\alpha\lambda 6563 < 2$
- $0,3 < [\text{S II}]\lambda 6716 + 6731 / \text{H}\alpha\lambda 6563 < 0,6$
- $0,06 < [\text{O I}]\lambda 6300 / \text{H}\alpha\lambda 6563 < 0,2$

En el apéndice aparece la sentencia desarrollada en SQL que permitió efectuar la búsqueda de galaxias Seyfert 2. Cabe aclarar que no fue posible obtener los EW ($\text{H}\alpha$) para ningún objeto al momento de ejecutar la sentencia debido a que esta propiedad de línea (*h_alpha_eqw*) no estaba incluida en los espectros obtenidos por el espectrografo BOSS del SDSS para el presente Release.²

La figura 3-5 muestra la ubicación espacial de los 567 objetos que cumplieron con las características de la selección mediante la sentencia SQL en un diagrama original BPT. Casi en su totalidad los objetos se concentran en la delimitada región Seyfert (región superior derecha) y son consistentes con las parametrizaciones (*K01*, *K03* & *CF10*) mencionadas en la sección 3.2.

¹En el apéndice se muestra la sentencia desarrollada en SQL que permitió efectuar la búsqueda de galaxias Seyfert 2.

²<https://www.sdss.org/dr14/spectro/galaxy-mpajhu/>

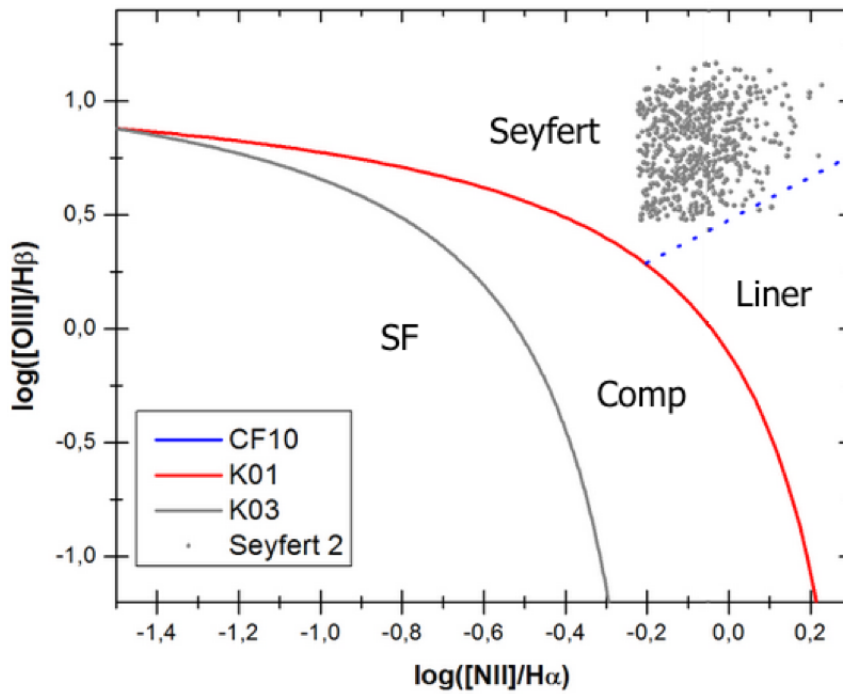


Figura 3-5.: Ubicación espacial de los 567 objetos seleccionados por nuestro código SQL en el diagrama BPT (puntos grises). La línea roja corresponde a la división K01 (Kewley et al. 2001), la línea gris, a la división K03 (Kauffman et al. 2003), y la línea discontinua azul a la división CF10 (Cid Fernandes et al. 2010).

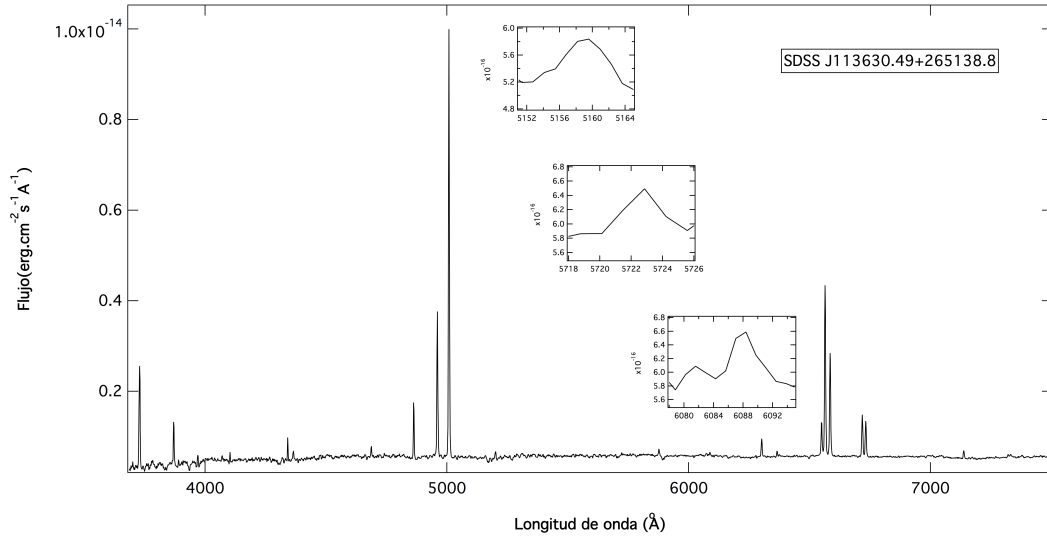


Figura 3-6.: Espectro óptico de la galaxia Seyfert 2 SDSS J113630.49+265138.8 obtenida en este trabajo. Esta galaxia se caracteriza por tener algunas FHILs como $[\text{Fe VII}]\lambda 5158$, $[\text{Fe VII}]\lambda 5721$ y $[\text{Fe VII}]\lambda 6087$.

3.4.1. Galaxias Sy2 con emisión de FHILs

La presencia de FHILs no es un rasgo prominente en el espectro de las galaxias Sy2, pues presentan una baja intensidad en su flujo integrado respecto a las otras líneas prohibidas, en especial respecto a la línea de $[\text{O III}]\lambda 5007$ donde, como ya se dijo, usualmente los relación de flujos es del orden de 1/10 a 1/100 (figura 3-6), y en varios casos dichos valores son cercanos a los valores límite de la señal-ruido. Esta dificultad implica que en el proceso de detección deban utilizarse necesariamente mecanismos de búsqueda manual. También puede explicar el hecho que, aunque se conoce la existencia de FHILs en el óptico de galaxias Seyfert, desde hace al menos seis décadas hayan sido relativamente pocos los estudios de galaxias con este tipo de emisión.

Es por esto que la obtención de una muestra representativa de galaxias Seyfert 2 con y sin emisión de $[\text{Fe VII}]$ en el óptico es uno de los objetivos más importantes de la presente tesis estudiar características directas entre estos tipos de líneas directamente y buscar diferencias inherentes, así como determinar si dicha proporción es distinta o no dependiendo de alguna característica fotométrica. El proceso de búsqueda y selección de los objetos emisores fue llevado de tal modo que permite ampliar las muestras previas de galaxias Seyfert 2 emisoras y no emisoras de FHILs; de igual forma, el presente trabajo pretende obtener razones de flujos entre líneas coroneales, que al ser contrastadas con valores teóricos, permiten estimar rangos de temperatura y densidad electrónica de la zona de emisión.

A continuación se describe en detalle la metodología utilizada para graficar los espectros y

determinar los flujos integrados de las líneas de interés. El conjunto de espectros de estudio se descargaron de la publicación DR14 del servidor del SDSS. Se procedió a realizar manualmente y para cada galaxia una serie de procesos necesarios utilizando el software IRAF.

Cuando se descarga un espectro del SDSS, las unidades de flujo específico (dadas en $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{\AA}^{-1}$) vienen multiplicadas internamente por 10^{17} . Por lo tanto, se descargó cada espectro en formato CSV y luego se procedió a pasarlo a un archivo de texto para multiplicar el flujo por 1×10^{-17} . Posteriormente se utilizó la tarea *rspectext* para lograr una conversión exitosa de formato fits; luego se utilizó la tarea *dopcor* para hacer la debida corrección por expansión cosmológica para ubicar el espectro en el marco de referencia del reposo de acuerdo con la base de datos del NED, y luego se procedió a pasar el archivo ya corregido a formato *.txt* por medio de la tarea *wspectext*, para proceder a la lecturas de los flujos utilizando el software LINER.³ Finalmente, se llevó a cabo la búsqueda de las líneas de interés en los espectros para verificar la presencia o no en por lo menos una de las cuatro líneas del [FeVII] $\lambda\lambda\lambda\lambda$ 3759, 5158, 5721, 6087.

3.5. Diferencia de Poblaciones

De los 567 objetos seleccionados por la sentencia SQL y posteriormente graficados con IRAF, fueron descartados 70 objetos, principalmente por presentar características inconsistentes con el espectro típico de una galaxia Seyfert 2, tales como bases anchas en las líneas de recombinación, espectros incompletos o espectros fuertemente afectados por contaminación y ruido. De manera que nuestra muestra total está conformada por 497 espectros de galaxias Seyfert 2. En esta pudo observarse por inspección manual, emisión clara de [Fe VII] de al menos una línea (principalmente λ 6087 o λ 5721 que corresponden a las más frecuentes y de mayor intensidad con relación al continuo) en 161 casos (que llamaremos muestra MS2E), lo cual representa el 32% de la muestra total; cabe aclarar que allí se encuentran incluidos 10 objetos, correspondientes a un 2% de la muestra total, que presentaron excepcionalmente emisión de las 4 líneas del [Fe VII] (En cuyo caso el cálculo de la S/N de las líneas fue del orden o mayor a 10). La muestra de galaxias restantes (68%), es decir, aquellas donde no se detectó emisión coronal (que llamaremos muestra MS2NE), está compuesta por los restantes 336 objetos (figura 3-7).

Cada uno de los valores obtenidos de las magnitudes en los filtros *u*, *g*, *r*, *i*, *z* fueron sometidos a 2 correcciones. La primera consistió en ajustar en cada caso los valores de extinción galáctica ocasionada utilizando un A_λ dependiente de las coordenadas galácticas de acuerdo con los mapas infrarrojos del COBE/IRAS (Schlegel & Davis, 1998). Posteriormente,

³Software suministrado por Pogge, R. W., & Owen, J. M. 1993, OSU Internal Report 93-01.

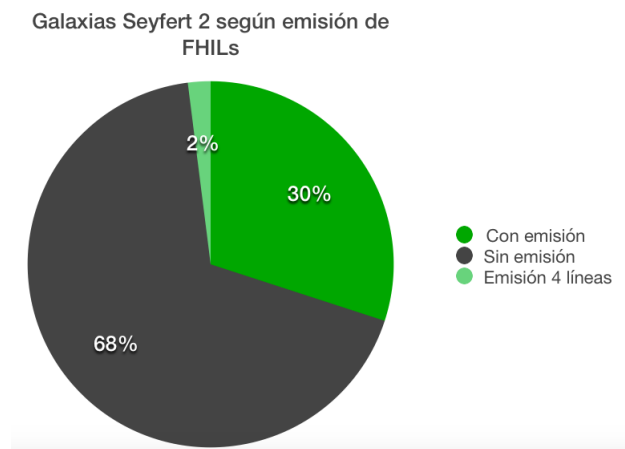


Figura 3-7.: Distribución porcentual de galaxias Sy2 emisoras y no emisoras de $[\text{Fe VII}]$.

se realizó la corrección K, esto es, la corrección en magnitud de un objeto con corrimiento cosmológico z que hay que realizar con base al valor de magnitud medido en la Tierra para convertirla en su magnitud equivalente medida en el marco de referencia del objeto. Para esto fueron utilizados los valores de los coeficientes dados por Chiligarian et al., (2010) que permiten realizar la corrección K con base a polinomios bidimensionales en función de z y de los índices de color observados⁴.

Cabe resaltar que la presente muestra incluye magnitudes aparentes de hasta 20 en contraste con estudios previos que consideran magnitudes aparentes máximas de 17.5; así mismo, se incluirán por primera vez los índices de color $u-r$, $g-i$ y $r-z$ y el diagrama color-color para las dos poblaciones estudiadas; lo anterior permitirá establecer si existe una diferencia de poblaciones entre aquellas galaxias Seyfert 2 que emiten líneas coronales de las que no; además podrán aportar elementos que respalden los indicios que se tienen acerca de la ubicación espacial de las regiones de la CLR.

En las tablas 3-2 y 3-3, se encuentra el listado completo de las galaxias Seyfert 2 emisoras y no emisoras de $[\text{Fe VII}]$, respectivamente, del presente estudio, ordenadas en orden creciente de ascensión recta, su ID, las coordenadas ecuatoriales para el equinoccio del J2000, su corrimiento al rojo z y los valores calculados de los índices de color $u-g$, $u-r$, $g-r$, $g-i$, y $r-z$ con las correcciones correspondientes.

⁴Se aplicó un código en Python en base a polinomios bidimensionales, el cual aparece en el apéndice.

3.5.1. Muestra MS2E

Presentamos la muestra de galaxias Seyfert 2 emisoras de [Fe VII], junto con la información fotométrica obtenida después de aplicar las correcciones.

Tabla 3-2.: Valores de los índices de color para el listado de galaxias que constituyen la muestra MS2E.

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
1	2MASX J00090793+1427558	00 09 08	14 27 56	0.041	1.42	2.05	0.63	1.02	0.71
2	SDSS J004527.05+004237.6	00 45 27	00 42 38	0.110	1.39	2.07	0.68	1.15	0.83
3	SDSS J011935.63-102613.1	01 19 36	-10 26 13	0.125	1.18	1.85	0.67	1.09	0.62
4	SDSS J013006.17+131702.0	01 30 06	13 17 02	0.038	1.14	1.66	0.52	0.83	0.49
5	SDSS J024937.69-003237.5	02 49 38	-00 32 38	0.128	0.91	1.37	0.46	0.85	0.63
6	UGC 02608	03 15 01	42 02 09	0.023	1.45	2.09	0.64	0.88	0.39
7	SDSS J073142.37+392623.7	07 31 42	39 26 24	0.110	1.01	1.57	0.56	0.99	0.44
8	SDSS J073656.47+475946.8	07 36 56	47 59 47	0.096	1.43	2.21	0.78	1.35	0.72
9	SDSS J074947.84+265633.5	07 49 48	26 56 34	0.106	1.46	2.09	0.63	1.09	0.70
10	SDSS J075324.37+384731.7	07 53 24	38 47 32	0.097	1.34	1.98	0.64	1.11	0.70
11	SDSS J075418.61+134210.6	07 54 19	13 42 11	0.078	1.37	1.99	0.62	1.06	0.69
12	SBS 0755+509	07 59 41	50 50 24	0.054	1.28	1.56	0.28	0.77	0.55
13	SDSS J080252.92+255255.6	08 02 53	25 52 56	0.081	1.29	1.88	0.59	1.07	0.72
14	SDSS J080335.65+235912.4	08 03 36	23 59 12	0.059	1.30	1.81	0.51	0.90	0.58
15	FBQ J080408.0+394728	08 04 08	39 47 28	0.112	1.17	1.77	0.60	1.05	0.59
16	SDSS J080523.29+281815.7	08 05 23	28 18 16	0.128	0.75	1.46	0.71	1.32	1.15
17	SDSS J080535.00+240950.3	08 05 35	24 09 50	0.060	1.69	2.41	0.72	1.18	0.73
18	SDSS J080547.34+225434.8	08 05 47	22 54 35	0.030	1.57	2.30	0.73	1.16	0.75
19	SDSS J080636.87+102726.7	08 06 37	10 27 27	0.042	1.47	2.04	0.57	0.94	0.68
20	SDSS J080707.18+361400.5	08 07 07	36 14 00	0.032	1.51	2.20	0.69	1.08	0.70
21	SDSS J081048.17+422040.3	08 10 48	42 20 40	0.062	1.50	2.10	0.60	1.00	0.64
22	SDSS J081153.17+414819.9	08 11 53	41 48 20	0.100	1.35	2.06	0.71	1.16	0.69
23	SDSS J081153.51+575706.7	08 11 54	57 57 07	0.028	1.61	2.38	0.77	1.21	0.86
24	SDSS J081420.42+075108.0	08 14 20	07 51 08	0.113	1.07	1.58	0.51	0.91	0.64
25	SDSS J081420.81+303050.5	08 14 21	30 30 51	0.125	1.28	1.94	0.66	1.06	0.60
26	2MASX J08145259+3701305	08 14 53	37 01 31	0.060	1.23	1.88	0.65	1.12	0.76
27	SDSS J081458.26+365325.6	08 14 58	36 53 26	0.109	1.23	1.80	0.57	1.00	0.55
28	SDSS J081658.87+173620.7	08 16 59	17 36 21	0.081	1.59	2.28	0.69	1.16	0.71
29	SDSS J082342.37+482754.4	08 23 42	48 27 55	0.094	1.18	1.70	0.52	0.95	0.61
30	SDSS J082857.98+555855.0	08 28 58	55 58 55	0.110	1.32	1.98	0.66	1.10	0.67
31	SDSS J083523.82+524054.9	08 35 24	52 40 55	0.117	1.22	1.77	0.55	0.95	0.61
32	2MASX J08352577+3458264	08 35 26	34 58 26	0.073	1.39	1.91	0.52	0.95	0.61
33	SDSS J083848.15+040734.0	08 38 48	04 07 34	0.048	1.45	2.03	0.58	0.96	0.59
34	SDSS J084002.36+294902.6	08 40 02	29 49 03	0.065	1.70	2.44	0.74	1.16	0.67
35	SDSS J084510.52+551946.6	08 45 11	55 19 47	0.113	1.02	1.51	0.49	0.96	0.69
36	SDSS J084542.66+194332.5	08 45 43	19 43 33	0.055	1.00	1.35	0.35	0.78	0.60
37	SDSS J085209.49+063255.9	08 52 09	06 32 56	0.055	1.41	2.03	0.62	1.00	0.66
38	SDSS J085246.95+425005.6	08 52 47	42 50 06	0.054	1.34	1.88	0.54	0.92	0.66
39	SDSS J085719.70+261839.3	08 57 20	26 18 39	0.081	0.92	1.44	0.52	1.08	0.65

Continúa en la siguiente página

Tabla 3-2 – Continuación

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
40	SDSS J085817.54+373346.3	08 58 18	37 33 46	0.060	1.13	1.55	0.42	0.79	0.60
41	SDSS J090018.97+075014.4	09 00 19	07 50 15	0.072	1.18	1.76	0.58	1.00	0.55
42	SDSS J091947.81+023143.2	09 19 48	02 31 43	0.089	1.12	1.62	0.50	0.91	0.56
43	SDSS J093447.42+680033.0	09 34 47	68 00 33	0.071	1.24	1.81	0.57	1.04	0.62
44	SDSS J094044.50+211403.3	09 40 45	21 14 03	0.024	1.51	2.14	0.63	0.95	0.58
45	SDSS J094313.55+372329.1	09 43 14	37 23 29	0.053	1.51	2.14	0.63	1.08	0.80
46	SDSS J094442.23+482916.7	09 44 42	48 29 17	0.055	1.45	1.92	0.47	0.95	0.78
47	SDSS J094521.33+173753.2	09 45 21	17 37 53	0.128	0.90	1.57	0.67	1.03	0.22
48	SDSS J095552.54+355756.2	09 55 53	35 57 56	0.042	1.67	2.37	0.70	1.14	0.78
49	2MASX J09580025+1547220	09 58 00	15 47 22	0.051	1.31	1.90	0.59	0.98	0.74
50	SDSS J095816.89+143923.7	09 58 17	14 39 24	0.109	1.15	1.82	0.67	1.29	0.52
51	SDSS J100101.89+311217.1	10 01 02	31 12 17	0.044	1.30	1.88	0.58	0.95	0.65
52	SDSS J100517.27+135904.2	10 05 17	13 59 04	0.031	1.55	2.20	0.65	1.01	0.67
53	SDSS J101235.72+302807.6	10 12 36	30 28 08	0.127	1.09	1.59	0.50	0.88	0.52
54	SDSS J101259.74+295042.5	10 13 00	29 50 43	0.095	1.40	1.96	0.56	0.94	0.54
55	SDSS J101819.24+372242.4	10 18 19	37 22 42	0.049	1.30	1.70	0.40	0.72	0.51
56	CGCG 124-018	10 22 41	20 51 33	0.025	1.38	2.03	0.65	1.01	0.57
57	SDSS J102538.99+164714.2	10 25 39	16 47 14	0.035	1.51	2.05	0.54	0.84	0.52
58	SDSS J103120.04+641359.9	10 31 20	64 14 00	0.118	1.13	1.70	0.57	0.95	0.63
59	SDSS J103842.75+325230.2	10 38 43	32 52 30	0.100	1.53	2.25	0.72	1.19	0.68
60	SDSS J104500.41-001554.0	10 45 00	-00 15 54	0.091	1.39	2.04	0.65	1.20	0.75
61	SDSS J104930.87+152825.3	10 49 31	15 28 25	0.089	1.47	2.16	0.69	1.24	0.83
62	SDSS J105208.19+060915.1	10 52 08	06 09 15	0.052	1.39	1.80	0.41	0.82	0.71
63	SDSS J105214.95+300328.3	10 52 15	30 03 28	0.035	1.69	2.36	0.67	1.04	0.63
64	SDSS J110012.38+084616.3	11 00 12	08 46 16	0.100	0.86	1.32	0.46	0.97	0.57
65	SDSS J110036.47+154524.8	11 00 36	15 45 25	0.115	1.19	1.77	0.58	0.96	0.66
66	SDSS J110108.36+154407.6	11 01 08	15 44 08	0.089	1.43	2.11	0.68	1.24	0.88
67	SDSS J110635.60+353957.7	11 06 36	35 39 58	0.111	1.27	1.90	0.63	1.00	0.56
68	SDSS J111455.89+062615.6	11 14 56	06 26 16	0.099	1.29	1.92	0.63	1.06	0.64
69	SDSS J111516.44+320046.6	11 15 16	32 00 47	0.121	1.12	1.69	0.57	0.93	0.51
70	SDSS J112011.14+340858.9	11 20 11	34 08 59	0.035	1.16	1.74	0.58	0.91	0.63
71	SDSS J112108.42+345520.4	11 21 08	34 55 20	0.041	1.00	1.40	0.40	0.70	0.48
72	SDSS J112408.63-010927.9	11 24 09	-01 09 28	0.029	1.23	1.79	0.56	0.89	0.57
73	SDSS J112426.14-002537.4	11 24 26	-00 25 37	0.049	1.28	1.76	0.48	0.79	0.54
74	SDSS J113217.46+415753.8	11 32 17	41 57 54	0.066	1.44	2.10	0.66	1.09	0.74
75	SDSS J113240.25+525701.4	11 32 40	52 57 01	0.026	1.60	2.21	0.61	0.92	0.61
76	CGCG 314-036	11 36 07	62 14 57	0.033	1.43	2.09	0.66	1.09	0.81
77	SDSS J113630.49+265138.8	11 36 30	26 51 39	0.033	1.01	1.43	0.42	0.69	0.54
78	LCRS B113859.5-024554	11 41 33	-03 02 32	0.125	1.23	1.82	0.59	1.02	0.69
79	SDSS J114216.87+140359.7	11 42 17	14 04 00	0.021	1.45	2.08	0.63	0.97	0.59
80	SDSS J114326.93+474103.0	11 43 27	47 41 03	0.088	1.21	1.82	0.61	1.06	0.64
81	SDSS J114444.89+331915.4	11 44 45	33 19 15	0.031	1.50	2.13	0.63	0.97	0.62
82	SDSS J114550.10+014255.7	11 45 50	01 42 56	0.059	1.27	1.76	0.49	0.81	0.53
83	SDSS J115326.42+580644.6	11 53 26	58 06 45	0.064	1.29	1.68	0.39	0.93	0.63
84	SDSS J115429.41+425848.7	11 54 29	42 58 49	0.024	1.45	2.07	0.62	0.96	0.59

Continúa en la siguiente página

Tabla 3-2 – Continuación

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
85	SDSS J115838.40+294004.8	11 58 38	29 40 05	0.082	1.21	1.76	0.55	1.04	0.68
86	SDSS J120429.66+201858.6	12 04 30	20 18 59	0.023	1.70	2.43	0.73	1.12	0.71
87	SDSS J120443.31+311038.2	12 04 43	31 10 38	0.025	1.28	1.90	0.62	0.96	0.63
88	SDSS J120556.01+495956.2	12 05 56	49 59 56	0.063	1.00	1.51	0.51	0.98	0.66
89	SDSS J120804.66+552427.5	12 08 05	55 24 28	0.051	1.42	1.99	0.57	0.93	0.65
90	SDSS J120926.15+440423.8	12 09 26	44 04 24	0.038	1.35	1.89	0.54	0.87	0.60
91	SDSS J121218.64+063149.0	12 12 19	06 31 49	0.094	1.47	2.14	0.67	1.09	0.67
92	MRK 1469	12 16 07	50 49 30	0.031	1.42	2.13	0.71	1.13	0.74
93	SDSS J124054.96+080323.1	12 40 55	08 03 23	0.048	1.19	1.68	0.49	0.89	0.63
94	SDSS J124342.29+652555.2	12 43 42	65 25 55	0.103	1.42	2.14	0.72	1.19	0.68
95	2MASX J12444956+1522152	12 44 50	15 22 16	0.076	1.17	1.72	0.55	0.99	0.65
96	SDSS J124506.90-032157.1	12 45 07	-03 21 57	0.083	1.23	1.75	0.52	1.03	0.72
97	2MASX J12474069+2254150	12 47 41	22 54 15	0.115	1.17	1.76	0.59	0.96	0.47
98	SDSS J125825.15+141246.7	12 58 25	14 12 47	0.084	1.27	1.89	0.62	1.12	0.76
99	SDSS J125850.78+523913.0	12 58 51	52 39 13	0.055	1.46	2.02	0.56	1.01	0.69
100	SDSS J130327.96+190758.9	13 03 28	19 07 59	0.060	1.19	1.68	0.49	0.90	0.67
101	2MASX J13114028-0204219	13 11 40	-02 04 22	0.082	1.12	1.62	0.50	0.95	0.61
102	2MASX J13115380+0531385	13 11 54	05 31 38	0.087	1.28	1.91	0.63	1.05	0.61
103	SDSS J132348.44+431804.2	13 23 48	43 18 04	0.027	1.56	2.25	0.69	1.09	0.79
104	SDSS J133926.07+253519.8	13 39 26	25 35 20	0.076	1.47	2.11	0.64	1.28	0.87
105	SDSS J134709.24+033837.8	13 47 09	03 38 38	0.023	1.58	2.26	0.68	1.05	0.66
106	SDSS J135338.10+313325.1	13 53 38	31 33 25	0.113	0.98	1.46	0.48	0.87	0.56
107	SDSS J140018.41+050242.2	14 00 18	05 02 42	0.034	1.25	1.69	0.44	0.79	0.62
108	SDSS J140124.43+164546.6	14 01 24	16 45 47	0.100	1.32	1.96	0.64	1.21	0.67
109	SDSS J140452.65+532332.1	14 04 53	53 23 32	0.081	1.27	1.81	0.54	0.97	0.74
110	SDSS J141013.60+081129.7	14 10 14	08 11 30	0.088	0.93	1.40	0.47	0.95	0.57
111	2MASX J14141506+2658118	14 14 15	26 58 12	0.066	1.49	2.12	0.63	1.07	0.69
112	SDSS J141943.79+114426.2	14 19 44	11 44 26	0.124	1.03	1.55	0.52	0.87	0.24
113	SDSS J142042.91+262503.2	14 20 43	26 25 03	0.038	1.37	2.04	0.67	1.05	0.69
114	SDSS J142307.51+283542.3	14 23 08	28 35 42	0.029	1.52	2.11	0.59	0.93	0.63
115	SDSS J142810.93+215721.2	14 28 11	21 57 21	0.130	1.25	1.91	0.66	1.01	0.48
116	SDSS J142817.99+571018.4	14 28 18	57 10 18	0.043	1.03	1.55	0.52	0.82	0.76
117	SDSS J143504.24+160653.1	14 35 04	16 06 53	0.061	1.60	2.26	0.66	1.05	0.66
118	SDSS J143728.23+124016.6	14 37 28	12 40 17	0.063	1.29	1.84	0.55	0.97	0.70
119	SDSS J143925.38+265205.8	14 39 25	26 52 06	0.078	1.21	1.80	0.59	1.01	0.69
120	SDSS J144718.04+324351.1	14 47 18	32 43 51	0.090	1.29	1.90	0.61	1.03	0.73
121	SDSS J144819.61+064106.5	14 48 20	06 41 07	0.098	1.23	1.84	0.61	1.07	0.65
122	SDSS J144831.30+124043.6	14 48 31	12 40 44	0.086	1.27	1.92	0.65	1.07	0.66
123	SDSS J145019.04+015205.2	14 50 19	01 52 05	0.069	1.26	1.82	0.56	0.93	0.58
124	SDSS J145519.41+322601.8	14 55 19	32 26 02	0.087	1.15	1.68	0.53	1.06	0.68
125	2MASX J14553517+6305271	14 55 35	63 05 27	0.042	1.67	2.30	0.63	1.02	0.71
126	SDSS J145539.69+233533.3	14 55 40	23 35 33	0.071	1.39	2.05	0.66	1.08	0.70
127	SDSS J150216.55+251353.5	15 02 17	25 13 54	0.112	1.34	2.00	0.66	1.13	0.66
128	SDSS J150510.90+050302.9	15 05 11	05 03 03	0.074	1.44	2.05	0.61	1.06	0.76
129	SDSS J150754.38+010816.8	15 07 54	01 08 17	0.061	1.37	1.94	0.57	0.97	0.66

Continúa en la siguiente página

Tabla 3-2 – Continuación

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
130	SDSS J150853.94-001149.0	15 08 54	-00 11 49	0.054	1.34	1.96	0.62	1.07	0.62
131	SDSS J151147.47+033827.3	15 11 47	03 38 27	0.078	1.11	1.71	0.60	1.13	0.75
132	SDSS J151839.15+281837.2	15 18 39	28 18 37	0.076	1.53	2.27	0.74	1.23	0.78
133	SDSS J151907.55+260750.6	15 19 08	26 07 51	0.045	1.47	2.16	0.69	1.10	0.71
134	2MASX J15234213+3005012	15 23 42	30 05 02	0.112	1.26	1.92	0.66	1.08	0.79
135	SDSS J152452.10+274543.4	15 24 52	27 45 43	0.070	1.14	1.73	0.59	1.01	0.62
136	SDSS J152637.66+003533.4	15 26 38	00 35 34	0.051	1.60	2.22	0.62	1.06	0.79
137	SDSS J152834.47+104352.6	15 28 34	10 43 53	0.127	1.14	1.75	0.61	1.00	0.56
138	2MASX J15322966+3007490	15 32 30	30 07 49	0.065	1.36	1.93	0.57	1.02	0.68
139	SDSS J153338.03+355708.1	15 33 38	35 57 08	0.129	1.09	1.76	0.67	1.04	0.44
140	SDSS J154346.88+093816.4	15 43 47	09 38 17	0.051	1.20	1.67	0.47	0.81	0.57
141	SDSS J155205.98+332859.0	15 52 06	33 28 59	0.066	1.35	1.91	0.56	1.07	0.69
142	WISEPC J160003.13+263707.8	16 00 03	26 37 08	0.094	1.25	1.84	0.59	0.99	0.67
143	SDSS J160758.21+151608.5	16 07 58	15 16 09	0.059	1.43	2.04	0.61	1.02	0.68
144	SDSS J161051.80+485439.2	16 10 52	48 54 39	0.045	1.34	1.82	0.48	0.78	0.50
145	2MASX J16112534+1810493	16 11 25	18 10 49	0.083	1.26	1.88	0.62	1.04	0.60
146	SDSS J162436.40+334406.7	16 24 36	33 44 07	0.122	1.19	1.89	0.70	1.10	0.57
147	SDSS J163228.89-002843.9	16 32 29	-00 28 44	0.070	1.45	2.06	0.61	1.01	0.47
148	SDSS J170437.70+603506.4	17 04 38	60 35 07	0.097	0.96	1.45	0.49	0.95	0.59
149	SDSS J171245.92+291715.3	17 12 46	29 17 15	0.105	1.60	2.31	0.71	1.22	0.61
150	SDSS J171350.31+572954.8	17 13 50	57 29 55	0.113	1.18	1.85	0.67	1.15	0.47
151	2MASX J17380143+5613257	17 38 02	56 13 26	0.065	1.51	2.15	0.64	1.12	0.73
152	SDSS J210615.26+090237.9	21 06 15	09 02 38	0.101	1.28	1.93	0.65	1.12	0.65
153	SDSS J213340.86+100929.0	21 33 41	10 09 29	0.126	1.17	1.79	0.62	1.02	0.68
154	SDSS J215226.03-081024.9	21 52 26	-08 10 25	0.034	1.55	2.13	0.58	1.01	0.98
155	SDSS J215259.07-000903.4	21 52 59	-00 09 03	0.028	1.63	2.40	0.77	1.18	0.71
156	SDSS J215425.74+113129.4	21 54 26	11 31 29	0.109	1.23	1.87	0.64	1.14	0.72
157	SDSS J215604.59+124048.6	21 56 05	12 40 49	0.077	1.44	2.09	0.65	1.07	0.57
158	SDSS J223354.27-081949.8	22 33 54	-08 19 50	0.058	1.45	2.11	0.66	1.08	0.73
159	SDSS J225306.46-082519.3	22 53 06	-08 25 19	0.060	1.32	1.95	0.63	1.01	0.72
160	SDSS J232313.53-101225.3	23 23 14	-10 12 25	0.086	1.18	1.74	0.56	1.00	0.78
161	SDSS J232407.17+145006.5	23 24 07	14 50 07	0.030	1.60	2.28	0.68	1.01	0.71

3.5.2. Muestra MS2NE

Presentamos la muestra de galaxias Seyfert 2 no emisoras de [Fe VII], junto con la información fotométrica obtenida después de aplicar las correcciones.

Tabla 3-3.: Valores de los índices de color para el listado de galaxias que constituyen la muestra MS2NE.

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
1	SDSS J001126.94+155329.6	00 11 27	15 53 30	0.100	1.33	2.02	0.69	1.17	0.65
2	SDSS J001741.74+000752.2	00 17 42	00 07 52	0.070	1.35	1.90	0.55	0.94	0.64
3	SDSS J002903.05-110348.4	00 29 03	-11 03 48	0.055	1.24	1.81	0.57	1.00	0.76
4	SDSS J002954.56+145428.0	00 29 55	14 54 28	0.119	1.42	2.14	0.72	1.20	0.63
5	2MASX J00431074-0926183	00 43 11	-09 26 19	0.096	1.55	2.25	0.70	1.18	0.80
6	SDSS J004908.43+140444.3	00 49 08	14 04 44	0.106	1.09	1.64	0.55	1.02	0.61
7	SDSS J005847.48-010549.6	00 58 47	-01 05 50	0.047	1.58	2.26	0.68	1.10	0.73
8	SDSS J012422.28-101723.1	01 24 22	-10 17 23	0.077	1.16	1.69	0.53	0.95	0.74
9	SDSS J014013.63-095747.1	01 40 14	-09 57 47	0.112	1.24	1.83	0.59	1.01	0.68
10	SDSS J015248.42-084320.7	01 52 48	-08 43 21	0.037	1.34	2.00	0.66	1.04	0.85
11	SDSS J021404.40+131156.3	02 14 04	13 11 56	0.042	1.46	2.11	0.65	1.05	0.65
12	SDSS J031238.41+005834.3	03 12 38	00 58 34	0.130	0.97	1.58	0.61	1.08	0.68
13	SDSS J031752.90-005417.2	03 17 53	-00 54 18	0.117	0.79	1.13	0.34	0.76	0.74
14	SDSS J032227.88+421626.4	03 22 28	42 16 26	0.052	1.30	1.83	0.53	0.93	0.47
15	SDSS J034226.85-003458.2	03 42 27	-00 34 58	0.052	1.46	2.05	0.59	1.00	0.76
16	SDSS J034545.16-071526.7	03 45 45	-07 15 27	0.022	1.50	2.17	0.67	1.03	0.53
17	SDSS J073548.83+401938.2	07 35 49	40 19 38	0.042	1.43	2.06	0.63	1.00	0.76
18	SDSS J075625.36+130030.0	07 56 25	13 00 30	0.085	1.40	1.94	0.54	0.97	0.74
19	SDSS J075748.78+203223.1	07 57 49	20 32 23	0.110	1.41	2.14	0.73	1.19	0.60
20	SDSS J075751.19+345921.7	07 57 51	34 59 22	0.071	1.21	1.75	0.54	0.97	0.69
21	B3 0754+401	07 57 57	39 59 36	0.066	1.52	2.13	0.61	1.00	0.55
22	SDSS J080218.65+304622.7	08 02 19	30 46 23	0.077	1.43	2.09	0.66	1.17	0.78
23	2MASX J08035782+2048341	08 03 58	20 48 34	0.116	1.14	1.71	0.57	0.96	0.67
24	2MASX J08040342+4048090	08 04 03	40 48 09	0.126	1.53	2.33	0.80	1.25	0.79
25	SDSS J080446.45+144939.6	08 04 46	14 49 40	0.097	1.10	1.61	0.51	0.93	0.68
26	SDSS J080517.60+382753.1	08 05 18	38 27 53	0.035	1.26	1.87	0.61	1.01	0.69
27	SDSS J080520.32+333608.9	08 05 20	33 36 09	0.086	1.09	1.57	0.48	0.86	0.53
28	SDSS J080544.21+143746.0	08 05 44	14 37 46	0.112	1.27	1.78	0.51	0.85	0.53
29	SDSS J081013.01+345136.8	08 10 13	34 51 37	0.083	1.14	1.71	0.57	0.97	0.68
30	SDSS J081203.34+571356.7	08 12 03	57 13 57	0.087	1.18	1.75	0.57	1.04	0.73
31	2MASX J08122842+1839203	08 12 28	18 39 20	0.067	1.43	2.12	0.69	1.14	0.76
32	SDSS J081400.54+392600.5	08 14 01	39 26 01	0.063	1.24	1.76	0.52	0.90	0.59
33	2MASX J08145558+3748275	08 14 56	37 48 28	0.081	1.46	2.16	0.70	0.25	0.80
34	SDSS J082234.65+192553.6	08 22 35	19 25 54	0.083	1.18	1.74	0.56	0.98	0.67
35	SDSS J082403.68+515415.5	08 24 04	51 54 16	0.031	1.50	2.19	0.69	1.07	0.69
36	SDSS J082424.96+202655.9	08 24 25	20 26 56	0.114	1.21	1.79	0.58	0.96	0.59
37	SDSS J083508.34+564139.1	08 35 08	56 41 39	0.062	1.15	1.68	0.53	1.01	0.58
38	SDSS J083532.68+341648.3	08 35 33	34 16 48	0.110	1.36	1.97	0.61	1.09	0.78
39	SDSS J083552.35+295715.9	08 35 52	29 57 16	0.076	0.89	1.28	0.39	0.86	0.61
40	SDSS J083709.39+360103.4	08 37 09	36 01 03	0.084	1.28	1.92	0.64	1.21	0.78
41	SDSS J083728.08+391723.7	08 37 28	39 17 24	0.115	1.03	1.51	0.48	0.87	0.61
42	SDSS J084220.11+075618.3	08 42 20	07 56 18	0.104	1.50	2.24	0.74	1.22	0.75
43	SDSS J084221.86+290611.5	08 42 22	29 06 12	0.099	1.31	1.96	0.65	1.04	0.59
44	SDSS J084230.78+160618.6	08 42 31	16 06 19	0.074	1.28	1.84	0.56	0.97	0.59

Continúa en la siguiente página

Tabla 3-3 – Continuación

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
45	SDSS J084605.53+250049.9	08 46 06	25 00 50	0.062	1.25	1.84	0.59	0.98	0.66
46	2MASX J08463083+4826550	08 46 31	48 26 55	0.051	1.39	1.98	0.59	0.94	0.58
47	SDSS J084823.90+143338.3	08 48 24	14 33 38	0.060	1.13	1.57	0.44	0.79	0.61
48	SDSS J085053.19+040911.4	08 50 53	04 09 11	0.119	1.29	1.85	0.56	0.96	0.67
49	SDSS J085121.93+132702.1	08 51 22	13 27 02	0.093	1.42	2.06	0.64	1.09	0.75
50	SDSS J085358.65+233911.4	08 53 59	23 39 11	0.113	1.40	2.14	0.74	1.21	0.68
51	SDSS J090738.73+564358.1	09 07 39	56 43 58	0.099	1.01	1.60	0.59	1.09	0.77
52	SDSS J091005.19+065541.0	09 10 05	06 55 41	0.068	1.33	1.82	0.49	0.89	0.52
53	SDSS J091401.88+145958.5	09 14 02	14 59 59	0.028	1.30	1.88	0.58	0.86	0.54
54	SDSS J091544.18+300922.0	09 15 44	30 09 22	0.130	1.42	2.24	0.82	1.18	0.49
55	SDSS J091829.10+423003.3	09 18 29	42 30 03	0.115	1.25	1.84	0.59	1.00	0.71
56	SDSS J092144.17+155747.4	09 21 44	15 57 47	0.073	1.28	1.86	0.58	1.00	0.67
57	SDSS J092635.14-002603.7	09 26 35	-00 26 04	0.071	1.56	2.19	0.63	1.34	0.94
58	SDSS J093033.98+024908.0	09 30 34	02 49 08	0.097	1.33	2.00	0.67	1.13	0.71
59	SDSS J093128.95+094802.3	09 31 29	09 48 02	0.076	1.47	2.15	0.68	1.18	0.75
60	SDSS J093236.58+095025.9	09 32 37	09 50 26	0.049	1.18	1.75	0.57	0.96	0.72
61	SDSS J093625.37+592452.7	09 36 25	59 24 53	0.096	1.46	2.17	0.71	1.24	0.72
62	2MASX J09405552+1452356	09 40 56	14 52 36	0.075	1.23	1.75	0.52	0.94	0.61
63	SDSS J094124.02+394441.8	09 41 24	39 44 42	0.107	1.45	2.22	0.77	1.20	0.75
64	2MASX J09413786+3218416	09 41 38	32 18 42	0.120	1.17	1.78	0.61	0.96	0.43
65	SDSS J094235.03+414935.6	09 42 35	41 49 36	0.072	1.13	1.65	0.52	0.97	0.62
66	SDSS J094425.99+372740.3	09 44 26	37 27 40	0.098	0.89	1.20	0.31	0.64	0.42
67	SDSS J094449.37+143504.2	09 44 49	14 35 04	0.066	1.26	1.75	0.49	0.93	0.71
68	SDSS J094554.48+423818.6	09 45 54	42 38 19	0.075	1.21	1.77	0.56	1.07	0.73
69	SDSS J094709.08+221045.8	09 47 09	22 10 46	0.078	1.24	1.80	0.56	0.99	0.70
70	2MASX J09502087+1407042	09 50 21	14 07 05	0.044	1.15	1.66	0.51	0.82	0.56
71	SDSS J095103.68+471003.1	09 51 04	47 10 03	0.026	1.29	1.83	0.54	0.88	0.67
72	SDSS J095343.80-010135.1	09 53 44	-01 01 35	0.110	1.26	1.86	0.60	1.07	0.72
73	SDSS J095826.21+200636.3	09 58 26	20 06 36	0.083	1.42	2.10	0.68	1.15	0.74
74	2MASX J09583400+2512356	09 58 34	25 12 35	0.115	1.24	1.83	0.59	1.04	0.62
75	SDSS J100529.60+275844.2	10 05 30	27 58 44	0.056	1.49	2.07	0.58	0.99	0.65
76	SDSS J100602.50+071131.8	10 06 03	07 11 32	0.121	1.38	1.94	0.56	0.96	0.62
77	SDSS J100746.62+292015.9	10 07 47	29 20 16	0.051	1.15	1.62	0.47	0.84	0.59
78	SDSS J100945.63+261150.5	10 09 46	26 11 51	0.075	1.33	2.00	0.67	1.15	0.74
79	SDSS J101118.58+312146.3	10 11 19	31 21 46	0.071	1.36	2.01	0.65	1.09	0.72
80	SDSS J101143.91+325943.4	10 11 44	32 59 43	0.130	1.43	2.16	0.73	1.13	0.59
81	SDSS J101200.77+515701.7	10 12 01	51 57 02	0.130	1.14	1.70	0.56	0.91	0.53
82	SDSS J101717.17+052740.4	10 17 17	05 27 40	0.063	1.14	1.55	0.41	0.75	0.55
83	SDSS J101738.72+420103.3	10 17 39	42 01 03	0.107	1.43	2.04	0.61	1.03	0.63
84	SDSS J101858.68+401206.0	10 18 59	40 12 06	0.123	1.17	1.76	0.59	0.99	0.60
85	SDSS J102016.20+524756.9	10 20 16	52 47 57	0.069	1.53	2.13	0.60	1.11	0.83
86	SDSS J102039.82+642435.8	10 20 40	64 24 36	0.122	1.11	1.81	0.70	1.20	0.67
87	SDSS J102111.73+173639.3	10 21 12	17 36 39	0.033	1.58	2.21	0.63	1.00	0.67
88	SDSS J102143.30+011428.3	10 21 43	01 14 28	0.079	1.23	1.84	0.61	1.09	0.61
89	SDSS J102220.32+630431.2	10 22 20	63 04 31	0.077	1.19	1.69	0.50	0.93	0.64

Continúa en la siguiente página

Tabla 3-3 – Continuación

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
90	SDSS J102647.50+442328.8	10 26 48	44 23 29	0.052	1.31	1.90	0.59	1.00	0.69
91	SDSS J102727.90+305902.4	10 27 28	30 59 02	0.124	1.51	2.23	0.72	1.10	0.63
92	SDSS J102944.63+402937.8	10 29 45	40 29 38	0.044	1.34	1.94	0.60	1.01	0.79
93	SDSS J103014.46+431522.0	10 30 14	43 15 22	0.098	1.44	2.10	0.66	1.11	0.66
94	SDSS J103145.12+383049.3	10 31 45	38 30 49	0.093	1.30	1.93	0.63	1.08	0.73
95	SDSS J103328.10+162251.0	10 33 28	16 22 51	0.045	1.47	2.14	0.67	1.14	0.81
96	SDSS J104248.46+184941.7	10 42 48	18 49 42	0.047	1.33	1.87	0.54	0.87	0.49
97	SDSS J104350.22+465925.9	10 43 50	46 59 26	0.108	1.20	1.66	0.46	0.86	0.61
98	SDSS J104551.74+160748.1	10 45 52	16 07 48	0.071	1.31	1.90	0.59	1.01	0.67
99	SDSS J105057.29+593214.3	10 50 57	59 32 14	0.085	1.06	1.63	0.57	1.02	0.66
100	SDSS J105311.26+372858.3	10 53 11	37 28 58	0.094	1.11	1.57	0.46	0.83	0.55
101	SDSS J105527.29+182308.1	10 55 27	18 23 08	0.112	0.94	1.39	0.45	0.80	0.56
102	SDSS J105542.86+385947.2	10 55 43	38 59 47	0.044	1.45	2.04	0.59	1.05	0.80
103	2MASX J10572781+3301569	10 57 28	33 01 58	0.074	1.29	1.91	0.62	1.06	0.69
104	SDSS J105903.47+572155.0	10 59 03	57 21 55	0.119	1.08	1.66	0.58	1.06	0.56
105	2MASX J11005305+0530169	11 00 53	05 30 17	0.096	1.44	2.03	0.59	1.08	0.73
106	SDSS J110133.96+453913.9	11 01 34	45 39 14	0.029	1.44	2.03	0.59	0.92	0.64
107	SDSS J110213.01+645924.8	11 02 13	64 59 25	0.078	1.49	2.22	0.73	1.55	0.96
108	SDSS J110235.72+242305.7	11 02 36	24 23 06	0.120	1.11	1.65	0.54	0.91	0.58
109	SDSS J110500.01+244415.4	11 05 00	24 44 15	0.069	1.63	2.27	0.64	1.07	0.68
110	SDSS J110511.54+525713.8	11 05 12	52 57 14	0.105	1.03	1.55	0.52	0.95	0.63
111	SDSS J110621.37+502316.7	11 06 21	50 23 17	0.040	1.28	1.90	0.62	0.99	0.66
112	2MASX J11082178+5918517	11 08 22	59 18 52	0.086	1.60	2.33	0.73	1.26	0.76
113	SDSS J110852.61+510225.7	11 08 53	51 02 26	0.070	1.52	2.19	0.67	1.14	0.86
114	SDSS J111328.47+014641.2	11 13 28	01 46 41	0.082	1.24	1.82	0.58	1.03	0.61
115	SDSS J111419.24+342843.6	11 14 19	34 28 44	0.069	1.00	1.52	0.52	0.95	0.60
116	SDSS J111448.44+401749.0	11 14 48	40 17 49	0.077	1.42	2.07	0.65	1.08	0.68
117	SDSS J111519.98+542316.7	11 15 20	54 23 17	0.070	1.61	2.33	0.72	1.22	0.85
118	SDSS J111752.64+291816.1	11 17 53	29 18 16	0.023	1.37	2.01	0.64	0.98	0.62
119	2MASX J11184848+2807383	11 18 48	28 07 38	0.069	1.26	1.91	0.65	1.09	0.68
120	SDSS J111854.49+291035.2	11 18 54	29 10 35	0.063	1.33	1.92	0.59	0.98	0.66
121	2MASX J11200862+3418456	11 20 09	34 18 46	0.037	1.26	1.87	0.61	0.96	0.62
122	SDSS J112010.83+551214.8	11 20 11	55 12 15	0.103	1.34	1.96	0.62	1.06	0.79
123	SDSS J112105.54+260540.4	11 21 06	26 05 41	0.051	1.72	2.35	0.63	1.03	0.69
124	SDSS J112342.49-013605.8	11 23 42	-01 36 06	0.063	1.33	1.88	0.55	0.94	0.56
125	SDSS J112542.08+185220.1	11 25 42	18 52 20	0.085	1.41	2.08	0.67	1.12	0.82
126	SDSS J112637.33+044248.7	11 26 37	04 42 49	0.074	1.27	1.87	0.60	1.08	0.73
127	SDSS J112659.53+294442.7	11 27 00	29 44 43	0.102	1.71	2.57	0.86	1.26	0.74
128	2MASX J11270031+5656173	11 27 00	56 56 18	0.074	1.28	1.91	0.63	1.06	0.69
129	2MASX J11293984+6057421	11 29 40	60 57 43	0.112	1.50	2.19	0.69	1.20	0.73
130	SDSS J113040.20+503704.6	11 30 40	50 37 05	0.058	1.31	1.89	0.58	0.99	0.72
131	SDSS J113236.99+014915.3	11 32 37	01 49 15	0.047	1.59	2.29	0.70	1.15	0.79
132	SDSS J113411.47+433814.0	11 34 11	43 38 14	0.125	1.23	1.88	0.65	1.10	0.55
133	SDSS J113808.00+111146.9	11 38 08	11 11 47	0.036	1.00	1.45	0.45	0.74	0.52
134	SDSS J113858.89+141253.2	11 38 59	14 12 53	0.081	1.08	1.60	0.52	1.05	0.69

Continúa en la siguiente página

Tabla 3-3 – Continuación

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
135	SDSS J113916.81+142841.8	11 39 17	14 28 42	0.032	1.40	1.99	0.59	0.92	0.59
136	LCR B113934.0-025447	11 42 08	-03 11 25	0.100	1.28	1.88	0.60	1.01	0.76
137	SDSS J114232.32+112107.0	11 42 32	11 21 07	0.115	1.23	1.86	0.63	1.11	0.61
138	SDSS J114302.41+260818.9	11 43 02	26 08 19	0.023	1.34	1.93	0.59	0.94	0.56
139	SDSS J114551.16+080134.9	11 45 51	08 01 35	0.092	1.11	1.66	0.55	1.01	0.60
140	SDSS J114642.47+511029.6	11 46 42	51 10 30	0.130	1.92	2.74	0.82	1.20	0.59
141	MRK 1457	11 47 22	52 26 59	0.049	1.29	1.75	0.46	0.79	0.55
142	SDSS J114752.93+090030.4	11 47 53	09 00 31	0.069	1.17	1.72	0.55	0.94	0.61
143	2MASX J11493666+2023596	11 49 37	20 24 00	0.036	1.11	1.64	0.53	0.85	0.58
144	2MASX J11502695+5124200	11 50 27	51 24 20	0.130	1.11	1.72	0.61	1.00	0.70
145	SDSS J115212.45+062845.0	11 52 12	06 28 45	0.101	1.29	1.89	0.60	1.03	0.71
146	SDSS J115852.59+423413.2	11 58 53	42 34 13	0.032	1.44	2.09	0.65	1.08	0.76
147	SDSS J115909.71+000006.7	11 59 10	00 00 07	0.047	1.44	2.05	0.61	1.00	0.69
148	WISEPC J115938.06+561702.5	11 59 38	56 17 02	0.071	1.67	2.32	0.65	1.08	0.67
149	SDSS J120648.30+065912.2	12 06 48	06 59 12	0.080	0.66	1.09	0.43	0.86	0.55
150	SDSS J120732.92+335240.1	12 07 33	33 52 40	0.079	1.40	2.07	0.67	1.12	0.78
151	SDSS J120740.84+132433.4	12 07 41	13 24 33	0.058	1.59	2.19	0.60	1.04	0.71
152	2MASX J12080971+4950464	12 08 10	49 50 47	0.123	1.35	2.00	0.65	1.15	0.77
153	SDSS J120908.80+440011.5	12 09 09	44 00 12	0.038	1.15	1.67	0.52	0.86	0.60
154	SDSS J120914.10+470330.0	12 09 14	47 03 30	0.024	1.28	1.86	0.58	0.91	0.57
155	2MASX J12093939+6431074	12 09 39	64 31 08	0.104	1.15	1.67	0.52	0.92	0.57
156	SDSS J121015.67+262837.4	12 10 16	26 28 37	0.104	1.25	1.79	0.54	0.93	0.56
157	SDSS J121126.93+160634.1	12 11 27	16 06 34	0.080	1.59	2.33	0.74	1.25	0.76
158	SDSS J121213.40+145057.9	12 12 13	14 50 58	0.080	1.37	2.01	0.64	1.04	0.64
159	SDSS J121431.31+402902.6	12 14 31	40 29 03	0.121	1.26	1.86	0.60	0.99	0.61
160	VII Zw 444	12 14 52	59 19 53	0.061	1.12	1.58	0.46	0.85	0.60
161	SDSS J121622.73+141753.0	12 16 23	14 17 53	0.082	1.29	1.74	0.45	0.81	0.46
162	SDSS J121629.13+601823.6	12 16 29	60 18 24	0.060	1.27	1.87	0.60	1.02	0.69
163	SDSS J121741.98+034631.0	12 17 42	03 46 31	0.080	1.19	1.68	0.49	0.90	0.65
164	SDSS J121836.48+512452.9	12 18 36	51 24 53	0.047	1.25	1.86	0.61	1.00	0.62
165	SDSS J121914.15+334608.8	12 19 14	33 46 09	0.061	1.31	1.85	0.54	0.93	0.65
166	SDSS J122012.58-010531.5	12 20 13	-01 05 31	0.118	1.21	1.83	0.62	1.04	0.52
167	SDSS J122053.34+050310.7	12 20 53	05 03 11	0.102	1.28	1.93	0.65	1.09	0.73
168	SDSS J122053.44+424548.2	12 20 53	42 45 48	0.075	1.36	1.98	0.62	1.02	0.62
169	SDSS J122104.95+604953.8	12 21 05	60 49 54	0.063	1.55	2.06	0.51	0.88	0.59
170	SBS 1218+550	12 21 20	54 49 23	0.038	1.10	1.56	0.46	0.76	0.60
171	SDSS J122214.64+242420.5	12 22 15	24 24 21	0.117	1.32	2.03	0.71	1.26	0.70
172	SDSS J122353.64+542742.1	12 23 54	54 27 42	0.111	1.02	1.44	0.42	0.80	0.52
173	SDSS J122611.21+074000.9	12 26 11	07 40 01	0.065	1.43	2.04	0.61	1.00	0.63
174	2MASX J12275137+2530161	12 27 51	25 30 16	0.067	1.51	2.19	0.68	1.12	0.63
175	MCG +08-23-048	12 31 47	47 55 39	0.030	1.14	1.65	0.51	0.84	0.61
176	SDSS J123220.27+051918.1	12 32 20	05 19 18	0.079	1.06	1.46	0.40	0.82	0.61
177	SDSS J123303.77+524212.6	12 33 04	52 42 13	0.056	1.30	1.74	0.44	0.79	0.61
178	SDSS J123415.63+052243.2	12 34 16	05 22 43	0.086	0.99	1.46	0.47	0.91	0.63
179	SDSS J123507.49+171509.1	12 35 07	17 15 09	0.089	1.40	2.00	0.60	1.04	0.80

Continúa en la siguiente página

Tabla 3-3 – Continuación

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
180	SDSS J123524.94+060810.6	12 35 25	06 08 11	0.094	1.33	1.92	0.59	1.02	0.68
181	SDSS J123838.10+453414.4	12 38 38	45 34 14	0.041	1.70	2.37	0.67	1.14	0.81
182	SDSS J124045.66+185112.7	12 40 46	18 51 13	0.112	1.17	1.75	0.58	0.93	0.58
183	SDSS J124321.32+005923.7	12 43 21	00 59 24	0.083	1.33	1.92	0.59	1.03	0.69
184	SDSS J124325.65+365525.3	12 43 26	36 55 25	0.084	0.97	1.41	0.44	0.88	0.57
185	SDSS J124406.61+652925.2	12 44 07	65 29 25	0.107	1.14	1.78	0.64	1.33	0.72
186	SDSS J124423.05-022857.9	12 44 23	-02 28 58	0.082	0.70	1.13	0.43	0.84	0.59
187	SDSS J124743.49+172230.4	12 47 43	17 22 31	0.067	1.30	1.87	0.57	0.93	0.61
188	2MASX J12485992-0109353	12 49 00	-01 09 35	0.089	1.44	2.01	0.57	1.00	0.68
189	2MASX J12502583+0019550	12 50 26	00 19 55	0.095	1.12	1.69	0.57	1.01	0.63
190	2MASX J12503906+1412409	12 50 39	14 12 41	0.085	1.30	1.98	0.68	1.24	0.89
191	SDSS J125258.30+184756.7	12 52 58	18 47 57	0.116	1.15	1.74	0.59	1.02	0.68
192	SDSS J125305.25+001555.9	12 53 05	00 15 56	0.071	1.36	1.94	0.58	0.99	0.66
193	SDSS J125404.49+253215.2	12 54 04	25 32 15	0.071	1.19	1.78	0.59	1.01	0.66
194	SDSS J125432.08+350508.2	12 54 32	35 05 08	0.127	1.19	1.84	0.65	1.04	0.58
195	SDSS J125531.17+223711.8	12 55 31	22 37 12	0.087	0.76	1.17	0.41	0.91	0.62
196	SDSS J125552.36+103055.2	12 55 52	10 30 55	0.048	1.46	2.08	0.62	0.99	0.65
197	2MASX J12561422+1634268	12 56 14	16 34 27	0.067	1.67	2.39	0.72	1.14	0.75
198	SDSS J125716.84+443625.6	12 57 17	44 36 26	0.055	1.26	1.90	0.64	1.06	0.71
199	SDSS J125830.18-015835.4	12 58 30	-01 58 35	0.080	1.07	1.54	0.47	0.86	0.55
200	SDSS J130030.81+250349.6	13 00 31	25 03 50	0.127	1.10	1.67	0.57	0.94	0.59
201	SDSS J130422.19+361543.1	13 04 22	36 15 43	0.045	1.22	1.69	0.47	0.83	0.64
202	SDSS J130648.88+604412.9	13 06 49	60 44 13	0.070	1.38	2.02	0.64	1.05	0.71
203	SDSS J130703.71+214346.4	13 07 04	21 43 46	0.066	1.48	2.14	0.66	1.12	0.77
204	2MASX J13092753-0103409	13 09 28	-01 03 41	0.075	1.45	2.13	0.68	1.14	0.79
205	SDSS J131058.36+024710.5	13 10 58	02 47 11	0.084	1.49	2.17	0.68	1.13	0.72
206	SDSS J131701.92+243036.3	13 17 02	24 30 36	0.070	1.15	1.66	0.51	0.87	0.63
207	SDSS J131711.85+404308.8	13 17 12	40 43 09	0.074	1.23	1.79	0.56	0.97	0.66
208	SDSS J131913.93+132030.8	13 19 14	13 20 31	0.096	1.02	1.42	0.40	0.84	0.55
209	SDSS J132008.64+191342.5	13 20 09	19 13 43	0.063	1.43	2.08	0.65	1.04	0.67
210	SDSS J132053.48+321126.7	13 20 53	32 11 27	0.023	1.47	2.04	0.57	0.95	0.63
211	2MASX J13212262+5838011	13 21 23	58 38 01	0.098	1.22	1.82	0.60	1.04	0.70
212	SDSS J132123.26+000441.4	13 21 23	00 04 41	0.085	1.05	1.52	0.47	0.83	0.54
213	SDSS J132336.84+062424.3	13 23 37	06 24 24	0.040	1.19	1.70	0.51	0.83	0.51
214	SDSS J132848.45+275227.8	13 28 48	27 52 28	0.091	1.33	2.01	0.68	1.10	0.74
215	SDSS J133002.44+183320.6	13 30 02	18 33 21	0.060	1.98	2.58	0.60	1.05	0.71
216	SDSS J133159.72+093707.0	13 32 00	09 37 07	0.075	1.33	1.96	0.63	1.08	0.69
217	SDSS J133355.77+181821.1	13 33 56	18 18 21	0.022	1.66	2.42	0.76	1.15	0.73
218	SDSS J133531.23+340907.7	13 35 31	34 09 08	0.024	1.38	2.00	0.62	0.97	0.61
219	SDSS J133532.47+234349.0	13 35 32	23 43 49	0.112	1.40	2.06	0.66	1.07	0.75
220	SDSS J133806.77+122139.1	13 38 07	12 21 39	0.096	1.30	1.92	0.62	1.06	0.67
221	2MASX J13401942+0047023	13 40 19	00 47 02	0.073	1.33	1.95	0.62	1.01	0.64
222	SDSS J134642.91+555038.4	13 46 43	55 50 38	0.116	1.13	1.68	0.55	0.99	0.67
223	SDSS J134736.39+173404.6	13 47 36	17 34 05	0.045	0.80	1.05	0.25	0.45	0.34
224	SDSS J134840.10+181716.1	13 48 40	18 17 16	0.073	1.37	1.97	0.60	1.13	0.83

Continúa en la siguiente página

Tabla 3-3 – Continuación

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
225	SDSS J135035.90+094221.8	13 50 36	09 42 22	0.063	1.45	1.98	0.53	0.96	0.65
226	SDSS J135046.48+231128.0	13 50 46	23 11 28	0.057	1.28	1.83	0.55	0.95	0.65
227	SDSS J135143.93+242421.9	13 51 44	24 24 22	0.093	0.68	1.12	0.44	0.87	0.56
228	SDSS J135436.29+123203.9	13 54 36	12 32 04	0.058	1.38	2.05	0.67	1.09	0.70
229	SDSS J140240.97+561530.6	14 02 41	56 15 31	0.122	0.81	1.36	0.55	0.98	0.56
230	SDSS J140243.49+451139.2	14 02 43	45 11 39	0.128	1.28	1.92	0.64	1.07	0.63
231	SDSS J140619.96+063202.1	14 06 20	06 32 02	0.112	1.15	1.78	0.63	1.00	0.52
232	SDSS J140737.48+425616.2	14 07 37	42 56 16	0.118	1.42	2.03	0.61	1.21	0.80
233	SDSS J140858.10+591725.0	14 08 58	59 17 25	0.073	1.44	2.09	0.65	1.08	0.71
234	SDSS J141148.16+114704.7	14 11 48	11 47 05	0.088	1.20	1.90	0.70	0.88	0.36
235	SDSS J141208.04+201551.2	14 12 08	20 15 51	0.104	1.49	2.07	0.58	1.06	0.65
236	SDSS J141415.17+264451.4	14 14 15	26 44 51	0.035	1.20	1.77	0.57	0.84	0.50
237	SDSS J141539.99+205455.1	14 15 40	20 54 55	0.112	1.03	1.55	0.52	0.91	0.65
238	SDSS J141603.94+071149.1	14 16 04	07 11 49	0.081	1.49	2.19	0.70	1.11	0.70
239	SDSS J141624.67+043801.8	14 16 25	04 38 02	0.055	1.49	2.14	0.65	1.09	0.74
240	SDSS J141650.55+572335.1	14 16 51	57 23 35	0.069	1.36	1.96	0.60	1.01	0.66
241	SDSS J141726.29+413123.4	14 17 26	41 31 23	0.086	1.11	1.67	0.56	0.95	0.65
242	SDSS J142652.43+463927.2	14 26 52	46 39 27	0.074	1.72	2.35	0.63	1.16	0.82
243	SDSS J142722.83+200549.3	14 27 23	20 05 49	0.076	1.51	2.13	0.62	1.09	0.71
244	SDSS J142801.40+132332.6	14 28 01	13 23 33	0.129	1.29	1.99	0.70	1.15	0.70
245	SDSS J143054.94+363113.8	14 30 55	36 31 14	0.123	1.04	1.57	0.53	0.95	0.61
246	SDSS J143232.49+340625.3	14 32 33	34 06 25	0.042	1.00	1.45	0.45	0.75	0.58
247	SDSS J143331.90+191444.9	14 33 32	19 14 45	0.090	1.12	1.71	0.59	1.05	0.69
248	SDSS J143437.87+053016.1	14 34 38	05 30 16	0.085	1.12	1.68	0.56	1.09	0.73
249	CGCG 192-045	14 35 44	35 04 34	0.029	1.56	2.25	0.69	1.06	0.68
250	SDSS J143636.14+071340.5	14 36 36	07 13 41	0.060	1.54	2.14	0.60	1.00	0.70
251	SDSS J143956.58+492805.2	14 39 57	49 28 05	0.107	0.85	1.42	0.57	1.02	0.63
252	SDSS J144355.60+613045.1	14 43 56	61 30 45	0.109	1.40	2.08	0.68	1.13	0.75
253	SDSS J144637.45+310847.0	14 46 37	31 08 47	0.089	1.30	1.90	0.60	1.08	0.71
254	SDSS J144750.45+051752.0	14 47 50	05 17 52	0.086	1.49	2.20	0.71	1.18	0.78
255	SDSS J144759.40+225631.2	14 47 59	22 56 31	0.046	1.56	2.30	0.74	1.15	0.72
256	SDSS J144954.10+331153.8	14 49 54	33 11 54	0.086	1.03	1.53	0.50	0.92	0.67
257	SDSS J145050.59+083832.5	14 50 51	08 38 33	0.117	1.31	2.00	0.69	1.09	0.63
258	SDSS J145314.52+155648.5	14 53 15	15 56 49	0.074	1.23	1.73	0.50	0.88	0.57
259	SDSS J145338.03+591302.6	14 53 38	59 13 03	0.110	1.28	1.87	0.59	0.99	0.67
260	2MASX J14542548+4645239	14 54 25	46 45 24	0.069	1.07	1.66	0.59	1.04	0.71
261	SDSS J145540.74+424600.5	14 55 41	42 46 01	0.115	1.35	2.00	0.65	1.10	0.65
262	SDSS J145656.38+132047.4	14 56 56	13 20 47	0.112	1.32	1.94	0.62	1.08	0.68
263	SDSS J145927.79+102109.8	14 59 28	10 21 10	0.126	1.27	1.92	0.65	1.09	0.68
264	SDSS J150214.29+182928.7	15 02 14	18 29 29	0.048	1.22	1.80	0.58	0.94	0.62
265	SDSS J151039.38+471316.2	15 10 39	47 13 16	0.088	1.70	2.37	0.67	1.12	0.65
266	SDSS J151233.27+040302.8	15 12 33	04 03 03	0.079	1.41	2.03	0.62	1.11	0.84
267	SDSS J151550.86-012604.9	15 15 51	-01 26 05	0.119	1.22	1.83	0.61	1.06	0.57
268	SDSS J151638.23+191829.5	15 16 38	19 18 30	0.091	1.25	1.89	0.64	1.09	0.62
269	2MASX J15170539+0417113	15 17 05	04 17 11	0.098	1.61	2.38	0.77	1.20	0.68

Continúa en la siguiente página

Tabla 3-3 – Continuación

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
270	SDSS J152229.87+075233.7	15 22 30	07 52 34	0.078	1.24	1.74	0.50	0.92	0.59
271	2MASX J15233312+5739495	15 23 33	57 39 50	0.108	1.13	1.73	0.60	1.05	0.74
272	SDSS J152615.24+384121.0	15 26 15	38 41 21	0.065	1.34	1.97	0.63	1.08	0.85
273	2MASX J15264165+1822463	15 26 42	18 22 47	0.086	1.17	1.74	0.57	0.97	0.62
274	SDSS J153000.50+164257.8	15 30 01	16 42 58	0.092	1.04	1.55	0.51	0.97	0.63
275	SDSS J153043.60+063648.4	15 30 44	06 36 48	0.065	1.50	2.19	0.69	1.15	0.86
276	SDSS J153149.81+054634.2	15 31 50	05 46 34	0.122	1.23	1.79	0.56	0.96	0.62
277	SDSS J153508.52+571109.3	15 35 09	57 11 09	0.119	1.22	1.82	0.60	1.09	0.71
278	SDSS J153533.83+361435.6	15 35 34	36 14 36	0.062	1.23	1.81	0.58	0.95	0.64
279	SDSS J153556.23+285239.5	15 35 56	28 52 40	0.085	1.15	1.72	0.57	0.96	0.83
280	SDSS J153607.01-020642.4	15 36 07	-02 06 42	0.058	1.62	2.29	0.67	1.11	0.57
281	SDSS J153954.78+272758.7	15 39 55	27 27 59	0.119	0.97	1.51	0.54	1.47	1.20
282	SDSS J154012.90+560946.5	15 40 13	56 09 47	0.074	0.99	1.40	0.41	0.89	0.70
283	SDSS J154055.44+104909.6	15 40 55	10 49 10	0.096	1.24	1.78	0.54	0.99	0.66
284	SDSS J154208.89+041335.1	15 42 09	04 13 35	0.044	1.52	2.22	0.70	1.11	0.67
285	SDSS J154310.62+011943.8	15 43 11	01 19 44	0.040	1.35	1.93	0.58	0.91	0.58
286	SDSS J155144.72+040444.5	15 51 45	04 04 45	0.068	1.52	2.13	0.61	1.04	0.66
287	SDSS J155639.95+451010.7	15 56 40	45 10 11	0.096	1.18	1.76	0.58	1.01	0.64
288	SDSS J155838.56+370550.3	15 58 39	37 05 50	0.104	1.12	1.61	0.49	0.93	0.76
289	SDSS J160515.85+174227.4	16 05 16	17 42 27	0.032	1.70	2.45	0.75	1.14	0.65
290	SDSS J160939.35+502246.0	16 09 39	50 22 46	0.051	1.45	2.04	0.59	0.97	0.61
291	SDSS J161119.30+385922.7	16 11 19	38 59 23	0.057	1.46	2.07	0.61	1.03	0.75
292	SDSS J161428.60+220220.3	16 14 29	22 02 20	0.094	1.53	2.19	0.66	1.13	0.68
293	SDSS J161639.21+451331.3	16 16 39	45 13 31	0.064	1.37	1.92	0.55	0.93	0.65
294	SDSS J162131.63+245952.4	16 21 32	24 59 52	0.038	1.37	2.01	0.64	1.01	0.61
295	2MASX J16245126+1925353	16 24 51	19 25 36	0.036	1.51	2.19	0.68	1.05	0.66
296	SDSS J162511.78+504202.1	16 25 12	50 42 02	0.128	1.10	1.60	0.50	0.86	0.55
297	SDSS J162606.43+471535.7	16 26 06	47 15 36	0.089	1.05	1.56	0.51	0.88	0.62
298	SDSS J162656.90+352759.9	16 26 57	35 28 00	0.031	1.22	1.74	0.52	0.83	0.58
299	SDSS J162722.10+390634.7	16 27 22	39 06 35	0.033	1.17	1.75	0.58	0.96	0.73
300	CGCG 138-025	16 30 08	21 50 48	0.037	1.41	2.02	0.61	0.96	0.67
301	SDSS J163015.10+205517.1	16 30 15	20 55 17	0.095	1.03	1.53	0.50	0.96	0.66
302	SDSS J163032.64+392303.0	16 30 33	39 23 03	0.030	1.45	2.07	0.62	0.98	0.63
303	SDSS J163040.90+302919.5	16 30 41	30 29 19	0.037	1.60	2.30	0.70	1.12	0.77
304	SDSS J163048.83+255553.3	16 30 49	25 55 53	0.069	1.35	1.94	0.59	1.00	0.74
305	SDSS J163125.49+212621.2	16 31 25	21 26 21	0.096	1.42	2.12	0.70	1.17	0.84
306	SDSS J163215.04+131954.2	16 32 15	13 19 54	0.119	1.64	2.34	0.70	1.07	0.65
307	SDSS J163349.11+264807.9	16 33 49	26 48 08	0.115	1.38	2.08	0.70	1.11	0.54
308	SDSS J163430.87+374143.6	16 34 31	37 41 44	0.099	1.47	2.12	0.65	1.04	0.64
309	SDSS J164107.63+224924.8	16 41 08	22 49 25	0.034	1.46	2.09	0.63	0.98	0.59
310	SDSS J164329.08+442351.6	16 43 29	44 23 52	0.075	1.24	1.77	0.53	0.95	0.67
311	SDSS J164716.64+384327.6	16 47 17	38 43 28	0.122	1.05	1.63	0.58	0.96	0.56
312	SDSS J165028.00+291052.8	16 50 28	29 10 53	0.101	1.48	2.04	0.56	1.02	0.71
313	SDSS J165147.16+244731.5	16 51 47	24 47 32	0.125	0.94	1.36	0.42	0.78	0.41
314	SDSS J171128.65+312143.6	17 11 29	31 21 44	0.097	1.14	1.78	0.64	1.19	0.82

Continúa en la siguiente página

Tabla 3-3 – Continuación

ID	Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	u - g	u - r	g - r	g - i	r - z
315	SDSS J171414.70+650626.1	17 14 15	65 06 26	0.079	1.14	1.68	0.54	0.99	0.70
316	SDSS J172037.94+294112.4	17 20 38	29 41 12	0.100	1.07	1.59	0.52	0.91	0.53
317	SDSS J172433.11+305636.1	17 24 33	30 56 36	0.057	1.28	1.83	0.55	0.92	0.62
318	SDSS J210224.28+101028.9	21 02 24	10 10 29	0.047	1.53	2.15	0.62	1.01	0.77
319	2MASX J21133382-0009507	21 13 34	-00 09 50	0.073	1.32	1.92	0.60	1.01	0.61
320	SDSS J211656.72+004046.3	21 16 57	00 40 46	0.093	1.22	1.77	0.55	0.92	0.59
321	SDSS J212954.56+101603.8	21 29 55	10 16 04	0.053	1.14	1.70	0.56	0.96	0.68
322	SDSS J214559.99+111325.9	21 46 00	11 13 26	0.088	1.18	1.74	0.56	0.99	0.61
323	SDSS J214904.74-084640.1	21 49 05	-08 46 40	0.051	1.43	2.07	0.64	1.02	0.74
324	SDSS J215222.08-071502.4	21 52 22	-07 15 02	0.058	1.60	2.27	0.67	1.09	0.71
325	SDSS J222126.57+123033.7	22 21 27	12 30 34	0.080	0.91	1.38	0.47	0.84	0.43
326	SDSS J222918.93-081843.7	22 29 19	-08 18 44	0.088	1.34	1.94	0.60	1.00	0.67
327	SDSS J224227.59-004311.3	22 42 28	-00 43 11	0.091	1.35	1.98	0.63	1.03	0.62
328	SDSS J224414.71+125341.8	22 44 15	12 53 42	0.120	1.27	1.87	0.60	1.08	0.79
329	SDSS J225200.49+002149.3	22 52 00	00 21 49	0.054	1.26	1.75	0.49	0.87	0.58
330	SDSS J225248.95-094653.7	22 52 49	-09 46 54	0.081	1.53	2.24	0.71	1.20	0.78
331	SDSS J230231.14+000147.7	23 02 31	00 01 48	0.095	1.10	1.65	0.55	1.07	0.68
332	2MASX J23141146-0021497	23 14 11	-00 21 49	0.080	1.62	2.32	0.70	1.14	0.77
333	2MASX J23161117-0916238	23 16 11	-09 16 24	0.083	1.41	2.04	0.63	1.03	0.66
334	SDSS J233025.76-103307.2	23 30 26	-10 33 07	0.072	1.43	2.05	0.62	1.06	0.71
335	SDSS J233837.09-002810.4	23 38 37	-00 28 10	0.036	1.40	1.98	0.58	0.93	0.68
336	FBQ J2348-0911	23 48 02	-09 11 56	0.093	0.99	1.40	0.41	0.83	0.53

Partiendo de estos datos, se construyeron 5 histogramas en los que se compara la distribución de los índices de color u-g, g-r, u-r, g-i, r-z, (figuras 3-8 a 3-12) según en el número de objetos que conforman las poblaciones de galaxias Sy2 emisoras de [Fe VII] (color negro) y galaxias Sy2 no emisoras de [Fe VII] en el óptico (color rojo).

Se encontró que la muestra de galaxias Sy2, tanto con emisión de [Fe VII] como sin emisión, tienden a presentar valores u-g entre 0.5 y 1.3 en la muestra emisora y valores entre 1 y 1.7 para su muestra no emisora, que si bien son consistentes con los valores hallados por Portilla (2011) en este mismo índice, se acumulan en proporciones similares en un intervalo entre 0.9 y 1.7 en una única distribución.

Los valores de g-r se encuentran concentrados entre 0.4 y 0.8 en una única distribución, en contraste con los valores hallados por Portilla (2011) entre 0.3 y 0.8 para su muestra emisora y entre 0.5 y 0.9 para su muestra no emisora y consistente con el diagrama color-magnitud de objetos Sy2 reportado por Barth. et al. (2008) donde la mayoría de los objetos se ubican con valores de g-r \approx 0.4-0.8. Los índices u-r para las dos poblaciones se concentran entre 1.4 y 2.4, así mismo los índices g-i entre 0.8 y 1.2 y los índices de r-z entre 0.5 y 0.8. en

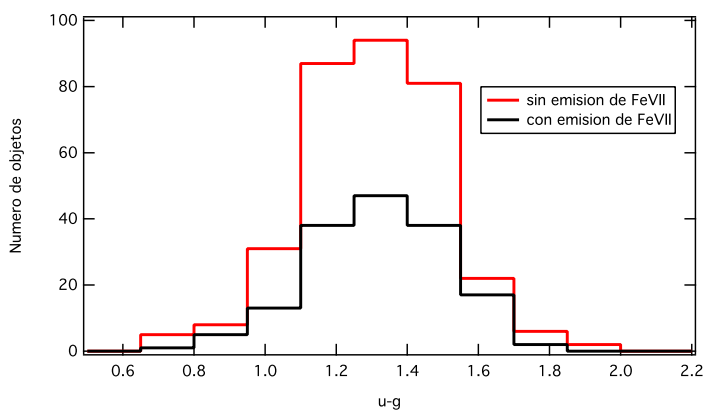


Figura 3-8.: Distribución del índice de color u-g para la muestra emisora (MS2E) y no emisora (MS2NE) de [Fe VII] según el número de objetos.

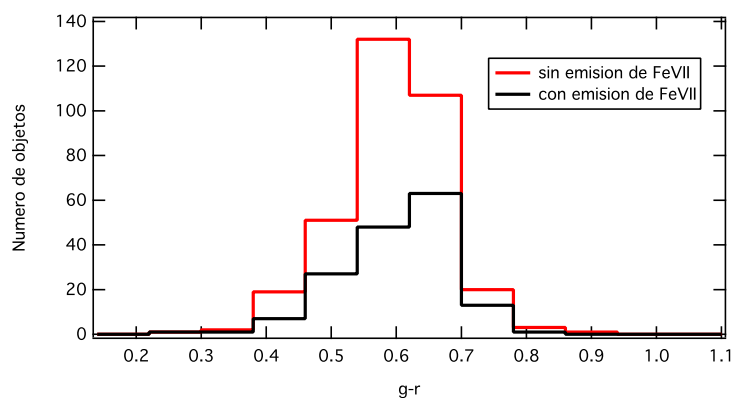


Figura 3-9.: Distribución del índice de color g-r para la muestra emisora (MS2E) y no emisora (MS2NE) de [Fe VII] según el número de objetos.

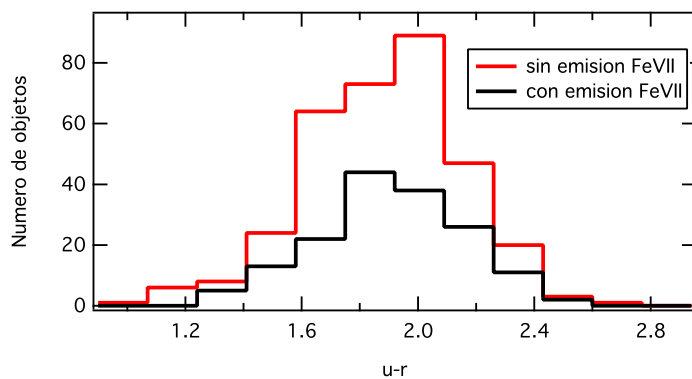


Figura 3-10.: Distribución del índice de color u-r para la muestra emisora (MS2E) y no emisora (MS2NE) de [Fe VII] según el número de objetos.

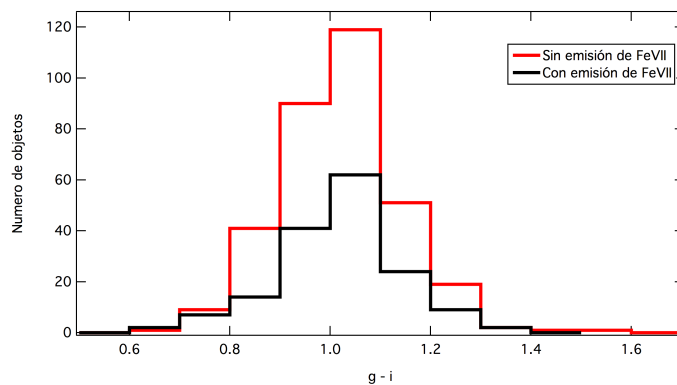


Figura 3-11.: Distribución del índice de color $g-i$ para la muestra emisora (MS2E) y no emisora (MS2NE) de [Fe VII] según el número de objetos.

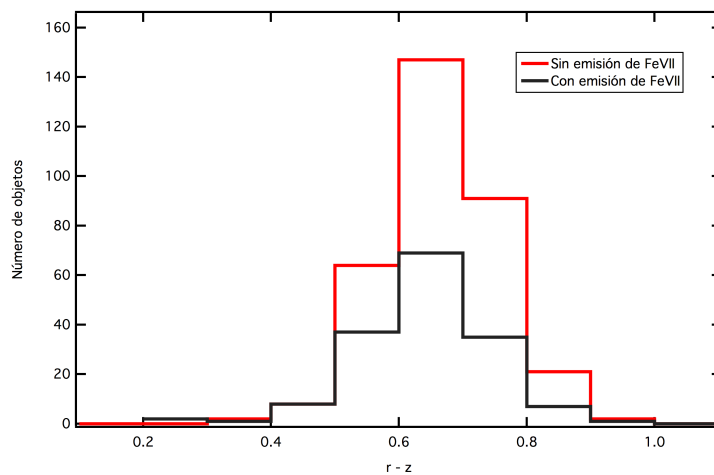


Figura 3-12.: Distribución del índice de color $r-z$ para la muestra emisora (MS2E) y no emisora (MS2NE) de [Fe VII] según el número de objetos.

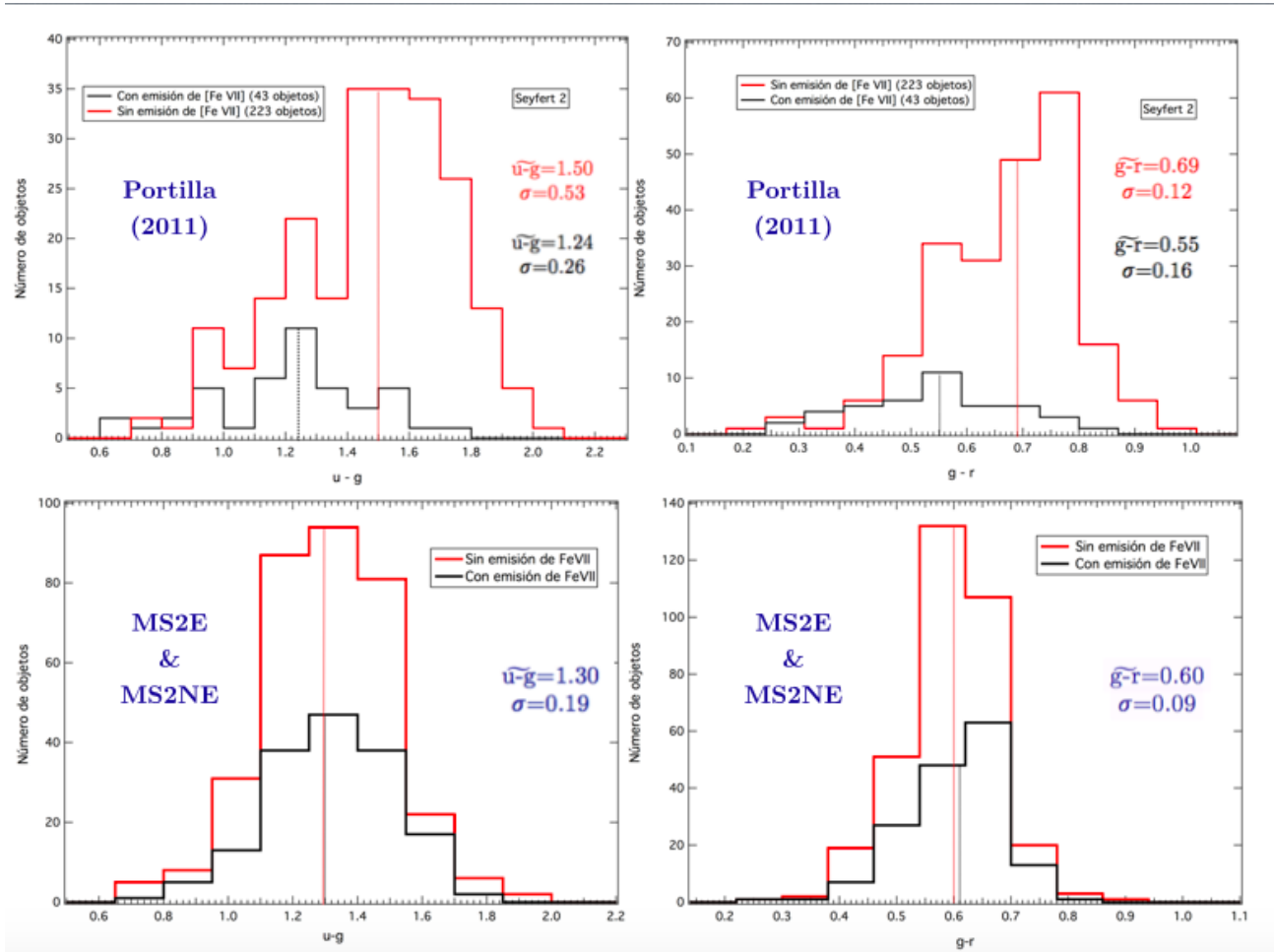


Figura 3-13.: Comparativo entre las distribuciones de los índices de color u-g y g-r de la muestras emisoras (color negro) y no emisoras (color rojo) reportadas en el trabajo de Portilla (2011) (arriba) y nuestras muestras MS2E y MS2NE (abajo). Se indican las diferencias entre los valores de las medianas y las desviaciones estandar en cada caso.

distribuciones semejantes.

La figura 3-13 muestra la distribución de las muestras MS2E & MS2NE en términos de los índices de color u - g y g - r, comparadas con sus muestras equivalentes reportadas en el trabajo de Portilla (2011) y los valores de las medianas de ambas distribuciones (1.24 y 1.50) y (0.55 y 0.60) para las muestras emisora y no emisora respectivamente. Nuestros resultados difieren, al indicar medianas de 1.3 y una desviación estandar de 0.19 en una única distribución u - g, y medianas de 0.60-0.61 y una desviación estandar de 0.09 en una única distribución g - r. Si se comparan los picos de ambas distribuciones, resulta evidente que no se observa distinción entre los dos tipos de poblaciones, aunque se trate de galaxias que se diferencien en el hecho de ser emisoras de [Fe VII].

Los resultados apuntan a la existencia de una única población de objetos emisores y no emisores de [Fe VII]. Las discrepancias con los resultados de Portilla (2011) pueden explicarse en términos del aumento en el tamaño de la muestra analizada, la inclusión de magnitudes aparentes superiores a 17.5, junto a las mejoras en la sensibilidad en las CCDs del SDSS en los extremos rojo y violeta y el hecho de contar con una muestra proveniente de una fuente 100 % homogénea. Nuestros resultados indican una dispersión en los índices de color significativamente menores que los reportados hasta la fecha.

3.5.3. Prueba estadística K-S

Con el fin de encontrar elementos que indiquen una diferencia que dé origen de las emisiones de líneas coronales detectadas en las distintas regiones del óptico de las muestras de galaxias Sy2 obtenidas (MS2E y MS2NE), se aplicó una prueba estadística tipo Kolmogorov-Smirnov⁵ (K-S) simultáneamente a las dos poblaciones con base a los 5 histogramas de índice de color señalados anteriormente. La prueba brinda una alternativa eficiente para el manejo de datos con distribución desconocida y permite cuantificar posibles discrepancias existentes entre las frecuencias absolutas de las muestras.

La tabla 3-4 resume los resultados de la ejecución de la prueba sobre los datos para las dos poblaciones e índices de color, con un nivel de significancia ($\alpha=0.05$), lo cual quiere decir que al diseñar una regla de decisión, entonces hay un 95 % de confianza de que se ha adoptado la decisión correcta. Si el p-valor es menor que el nivel de significancia sugiere que los datos observados son inconsistentes con la hipótesis nula (distribuciones iguales) de manera que la hipótesis nula se rechaza; si, por el contrario, el p-valor > 0.05 la hipótesis nula no puede rechazarse.

⁵La aplicación de la prueba K-S se ejecutó mediante el uso de la tarea "Two populations hypothesis tests" del software IGOR Pro 6.36, WaveMetrics, Inc.

Prueba K-S	u-g	g-r	u-r	g-i	r-z
α	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
D	0.250	0.167	0.333	0.182	0.200
Crítico	0.566	0.566	0.566	0.603	0.630
p-valor	0.786	0.991	0.433	0.988	0.980
Resultado	No rechaza	No rechaza	No rechaza	No rechaza	No rechaza

Tabla 3-4.: Resultados de la ejecución de la prueba K-S para los 5 histogramas asociados a los índices de color. En todos los casos la hipótesis nula no puede rechazarse.

Se encuentra que el p-valor para los 5 índices de color son iguales o mayores a 0.05, razón por la cual no se rechaza la hipótesis nula (distribuciones iguales), es decir, fundamentalmente las muestras MS2E y MS2NE están asociadas estadísticamente a una misma población; este resultado, sugiere que, a diferencia de los indicios observados en la muestra de galaxias Sy2 de Portilla (2011), la prueba no discrimina las dos poblaciones (tabla 3-4), lo cual significa que no se encuentran diferencias inherentes entre estas dos poblaciones.

3.5.4. Diagrama color-color

Adicionalmente, se construyó un diagrama color-color, el cual es usualmente utilizado para clasificar y separar objetos de diferentes tipos, incluyendo estrellas, galaxias y cuásares, comparando las magnitudes aparentes en diferentes longitudes de onda. Varios autores entre los que se encuentran Fukugita et al. (1995) y Strateva (2001), han confirmado que los índices de color de las galaxias reflejan sus poblaciones estelares dominantes y se correlacionan igualmente con su morfología. Por su parte, en el fenómeno AGN pueden ayudar a establecer diferencias y demarcaciones entre la luminosidad y zonas de emisión.

En general, para interpretar el índice de color de las galaxias, se debe considerar la contribución del polvo interestelar, el cual absorbe radiación y provoca enrojecimiento; igualmente, se debe tener en cuenta el cambio en magnitud de un objeto, debido a corrimientos al rojo altos. Las correcciones efectuadas anteriormente reducen sustancialmente dichos efectos. A continuación se presenta el diagrama color-color el cual ilustra las regiones fotométricas cubiertas por las galaxias Seyfert 2, y la distribución de los objetos incluidos en las muestras MS2E y MS2NE. La figura 3-14 indica una correlación entre ambos índices y mayor concentración de objetos entre los rangos de 0.4-0.7 para g-r y 0.9-1.7 para u-g. El diagrama sugiere que las dos muestras se comportan como una única población.

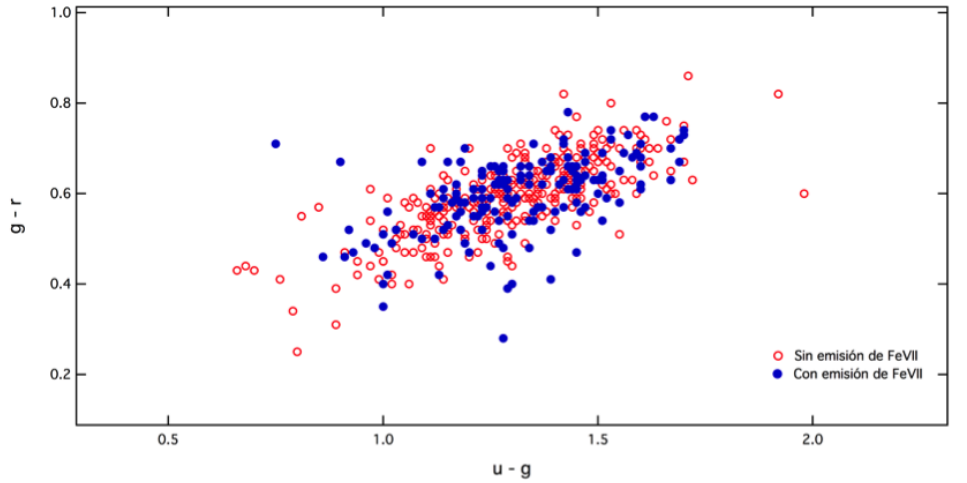


Figura 3-14.: Diagrama color-color $g-r/u-g$ de las galaxias Seyfert 2. Ilustra la distribución fotométrica de las galaxias correspondientes a las muestras MS2E y MS2NE.

Con la intención de analizar el efecto que pueda llegar a tener la distancia al observador, se realizaron dos histogramas donde se relaciona la distribución del número de objetos emisores (MS2E) y no emisores de [Fe VII] (MS2NE) en función del corrimiento al rojo, z , a partir de los datos obtenidos.

Al comparar las dos muestras (ver figura 3-15) resulta evidente la presencia de emisión coronal a lo largo de todos los valores de corrimiento al rojo desde 0.02 hasta 0.13. Se desprende, además, que hay una proporción significativa de galaxias con emisión coronal para corrimientos al rojo bajos, desde 0.02 hasta 0.06, es decir, objetos relativamente cercanos en los que la contribución del núcleo activo detectada es en principio mayor, a diferencia de la distribución de los objetos no emisores los cuales tienden a presentar corrimientos al rojo ligeramente superiores, concentrados principalmente entre 0.06 y 0.09.

Como se había planteado en la sección 3.4, la detección de FHILs (especialmente de las 4 líneas del [Fe VII]) puede verse afectada directamente con la distancia al AGN y su aumento de la contribución estelar, lo que se refleja en un aumento de las líneas de absorción (efecto de apertura) en los espectros. Lo anterior daría una explicación a la diferencias señaladas anteriormente y podría explicar por qué aquellos objetos con $z < 0.06$, donde la contribución del núcleo activo sobresale, poseen una mayor proporción de objetos emisores asociados al tamaño de sus respectivas muestras, siendo incluso mayor en número de objetos emisores entre 0.02 y 0.03 (teniendo presente el tamaño de ambas muestras).

Sin embargo, tales efectos no explicarían completamente las distribuciones para objetos con $z > 0.08$, esto reflejado en una proporción no despreciable de ambas muestras detectada a lo largo del rango estudiado; de manera que el brillo intrínseco estaría desempeñando igualmen-

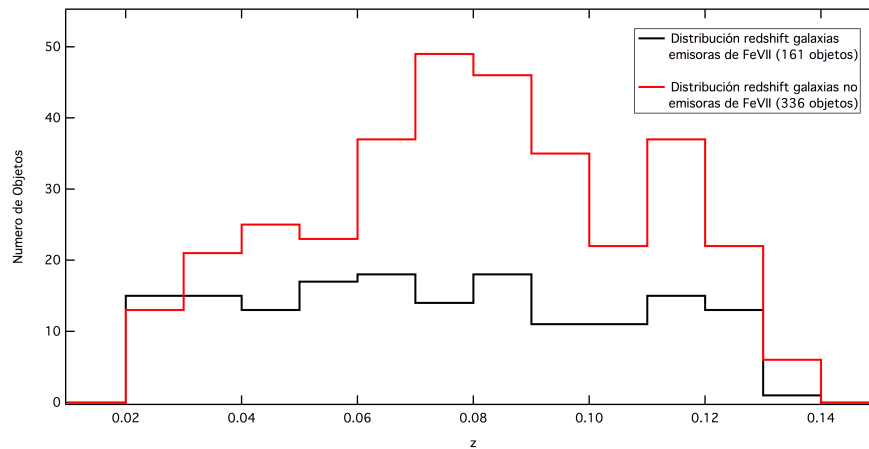


Figura 3-15.: Distribución de galaxias emisoras y no emisoras de [Fe VII] según el corrimiento al rojo.

te un papel importante en la emisión de [Fe VII]. En resumen, podría decirse entonces que las galaxias Sy2 emisoras y no emisoras de FHILs se distribuyen prácticamente de manera uniforme a lo largo de todos los valores de z (especialmente en la muestra emisora), es decir, esta característica no se asocia con un comportamiento emisor o no emisor; con relación a las galaxias Sy2 no emisoras, se presenta un pico entre 0.07 y 0.08 y otro entre 0.11 y 0.12, sin embargo, nuestro estudio no cuenta con información suficiente para dar explicación satisfactoria a este comportamiento.

4. Distribución de densidad y temperatura electrónica en galaxias Seyfert 2

El presente capítulo está dedicado a examinar las características físicas correspondientes a un gas emisor de FHILs, en nuestro caso de [Fe VII]. Esto se hizo con base a 10 espectros obtenidos de la muestra MS2E, donde fue posible detectar emisión simultánea de las 4 líneas de [Fe VII] $\lambda\lambda\lambda\lambda$ 3759, 5158, 5721, 6087. Se acudió a realizar la lectura de flujos específicos utilizando el software LINER; las mediciones se realizaron ajustando un perfil gaussiano a las líneas de emisión, y posteriormente integrando el flujo sobre la curva, con un error de 3σ . Las razones de flujo entre estas emisiones han sido ampliamente establecidas como indicadores de las condiciones físicas de las emisiones generadas por los núcleos activos de galaxias (Osterbrock, 1985). Al comparar los resultados obtenidos con modelos teóricos, se harán estimaciones de los rangos de distribución de temperatura T_e y densidad electrónica N_e de la región de emisión coronal en estos objetos.

4.1. Densidad y temperatura electrónica

Las estimaciones de densidad y de temperatura electrónica pueden realizarse empleando un método que utiliza razones de flujo tales como $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}$, $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}$ y $F_{\lambda 4942}/F_{\lambda 6087}$ propuesto por Nussbaumer & Storey (1982). Un trabajo posterior, (Keenan & Norrington, 1991) que denominaremos NS82 y KN91 respectivamente, presenta gráficas de temperatura y densidad electrónica no en términos de razones con respecto a $\lambda 6087$ sino a $\lambda 5721$, es decir, gráficas del tipo $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}$ y $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$. Ambos métodos se basan en cálculos teóricos de tasas de excitación de impacto electrónicas y coeficientes de Einstein A_{ij} , A_{lk} para los niveles $3d^2$ del [Fe VII]. Su aplicación permite obtener las razones de flujo de líneas teóricas aplicables a espectros en el óptico e infrarrojo.

Las gráficas teóricas que relacionan las razones de flujo en función de la densidad electrónica, se aplican a regímenes de bajas densidades ($10^2 - 10^8 \text{ cm}^{-3}$), donde, a partir del cociente entre las razones de flujo de las líneas observadas se obtienen puntos en un rango de valores

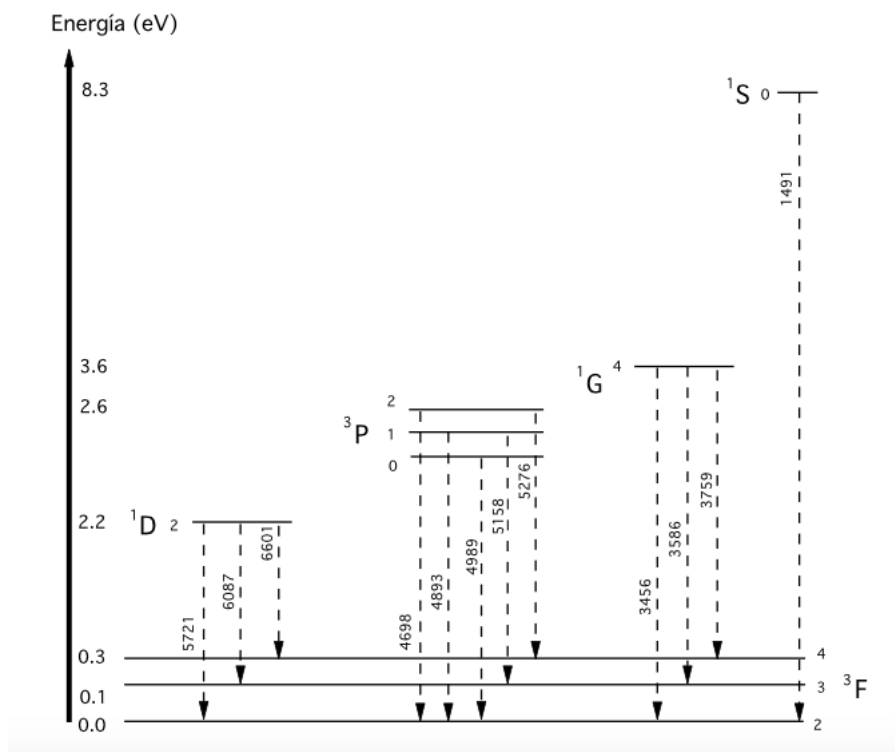


Figura 4-1.: Diagrama Grotriano para la configuración $3p^6 3d^2$ del [Fe VII] en el óptico y en el UV (Portilla, 2011).

que se interpolan con la temperatura. Luego el valor de la temperatura interpolada se utiliza para hallar la densidad electrónica, dado que los flujos medidos son constantes, el proceso se repite progresivamente hasta construir las curvas evaluando ambos parámetros simultáneamente y encontrando una función convergencia de temperatura y rangos de densidad donde se ubican los valores.

Keenan et al. (2001) publican estimativos de razones de líneas para el [Fe VII] utilizando cálculos mejorados de coeficientes y tasas de excitación de impacto electrónico. Dichos parámetros fueron descargados de la base de datos atómicos del NIST¹ (Dere et al., 1997) para las transiciones de estructura fina correspondientes al [Fe VII] (Berrington, Nakazaki & Norrington, 2000).

En la figura 4-1 puede observarse el diagrama grotriano que muestra las principales transiciones de baja probabilidad correspondientes a la configuración $3p^6 3d^2$ del [Fe VII] en el óptico y en el UV. En este aparecen las transiciones electrónicas que dan origen a las líneas que ocupan nuestro interés en este capítulo. Estas líneas corresponden a las transiciones entre los niveles de energía ${}^3F_4 - {}^1G_4$ para $\lambda 3759$, ${}^3F_3 - {}^3P_1$ para $\lambda 5158$, ${}^1D_2 - {}^3F_2$ para $\lambda 5721$ y

¹https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html

$^1D_2 - ^3F_3$ para $\lambda 6087$, que han sido calculadas teóricamente para diferentes temperaturas y densidades electrónicas, las cuales aparecen en la tabla 2 del trabajo de Tayal et.al. (2014).

4.2. Razones de Flujo y método NS82 & KN91

Las razones de flujo para las dos líneas de longitud de onda λ_{ij} , λ_{kl} , pueden expresarse como:

$$\frac{F(\lambda_{ij})}{F(\lambda_{kl})} = \frac{N_i(Fe^{6+}) A_{ij} \lambda_{kl}}{N_l(Fe^{6+}) A_{lk} \lambda_{ij}}, \quad (4-1)$$

donde $N_i(Fe^{6+})$, $N_l(Fe^{6+})$ representan los valores de densidad electrónica en $[\text{cm}^{-3}]$, A_{ij} y A_{lk} son las probabilidades de emisión del ion en $[\text{s}^{-1}]$ (Keenan et al., 1987). Aplicando estos parámetros numéricos a las transiciones de interés, fue posible obtener las 4 siguientes razones de flujo teóricas: $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$, $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}$, $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}$, $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}$, a partir de estas se construyeron isotermas para los valores de 10000 K, 15000 K, 20000 K, 30000 K y 50000 K (figuras 4-2 a 4-5) con sus respectivos rangos de densidad electrónica N_e .

Alloin et al. (1992) analizan propiedades espectrales del núcleo activo ESO 138 G1, clasificado como un objeto Sy2, que se caracteriza por presentar emisiones inusuales de FHILs incluyendo [Fe VII]. Al aplicar el método NS82 & KN91 obtienen razones de flujo de $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}=0.64$ y $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}=1.20$ (figuras 4-2 y 4-3), sin embargo las razones de flujo relacionadas con la línea $\lambda 5158$ se encuentran por fuera de los rangos teóricos, por tal motivo no están incluidos en las figuras 4-4 y 4-5, reportando $T_e < 20000$ K y N_e del orden o menores a 10^7 cm^{-3} para la zona de emisión de FHILs. Así mismo obtienen $\text{FWHM}(\lambda 3759)=720\text{km/s}$, $\text{FWHM}(\lambda 5721)=960\text{km/s}$ y $\text{FWHM}(\lambda 6087)=990\text{km/s}$.

Fosbury et al. (1983) mediante el mismo método, indican temperaturas y densidades electrónicas de $T_e < 35000$ K y $N_e \sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$ respectivamente, de la región de alta ionización del objeto Sy2 TOL 0109-383, encuentran razones de flujo de $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}=0.31$, $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}=0.14$, $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}=0.69$, y $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}=0.32$. Rose et al. (2011) presentan observaciones espectroscópicas de la galaxia Sy2 Q1131+16 (SDSS J1311.05 + 162739.5) considerado el espectro más rico en FHILs reportado al momento de la publicación; utilizando el método NS82 & KN91 y modelos de fotoionización (Cloudy) proponen que la región de emisión de FHILs presenta $N_e \sim 10^{5-7} \text{ cm}^{-3}$, aunque no indican valores de T_e . Las razones de flujo de $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}=0.32$, $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}=0.21$, $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}=1.28$, y $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}=0.85$ se ilustran en las figuras (4-2 a 4-5).

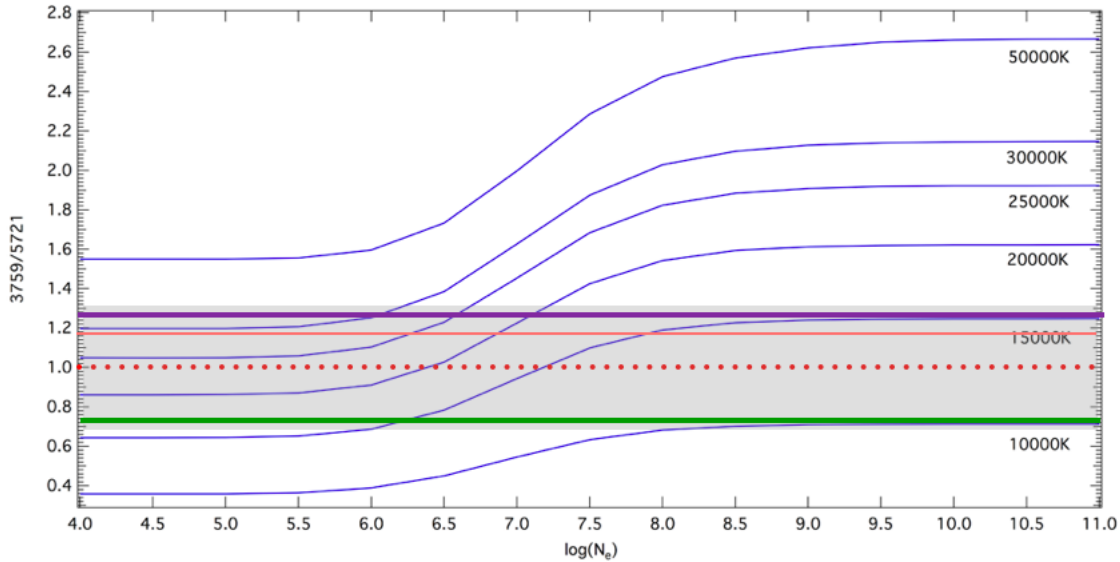


Figura 4-2.: Razón de flujo teórica entre las líneas del [Fe VII] ($F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$) y sus respectivos rangos de densidad y temperatura electrónica. Las isoterma se construyeron con base a los métodos de Nussbaumer & Storey (1982) y Keenan & Norrington (1991). Los valores observacionales de las razones de flujo se interpolan en la gráfica para establecer rangos de N_e y T_e . La franja gris representa la región donde se concentraron los valores de Portilla (2011) y la línea punteada roja representa el promedio, la línea continua roja indica los valores del trabajo de Alloin et al. (1983), la línea verde indica los valores del trabajo de Fosbury et al. (1992) y la línea púrpura indica los valores del trabajo de Rose et al. (2011).

Portilla (2011), en su trabajo de líneas coronales en galaxias Seyfert, presenta valores observacionales correspondientes a las razones de flujo de [Fe VII]: $3759/6087$ vs. $5158/6087$ y las razones de flujo $3759/5721$ vs. $5158/5721$ (método NS82 & KN91) para una submuestra constituida por 32 objetos de las clases Sy1, NLS1 y Sy2 con emisión particularmente intensa de [Fe VII], de esta submuestra solo 4 objetos fueron catalogados del tipo Sy2 (IRAS 13144+4508, MRK 477, SBS 0915+556 y TOL 1437+030) presentando T_e comprendidas entre 15000-30000 K y N_e del orden o menores a 10^6 cm^{-3} para su zona de emisión coronal. Los rangos de las razones $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}$, $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}$, $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$, y $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}$ reportadas para los 4 objetos Sy2, se concentran entre: 0.24 - 0.39, 0.13 - 0.25, 0.68 - 1.31 y 0.55 - 0.74 respectivamente y aparecen indicados en las distintas gráficas (figuras 4-2 a 4-5).

Sus resultados mostraron que, a pesar de la escasez de objetos encontrados, los valores hallados caen dentro de los rangos que se obtienen teóricamente. No sucede lo mismo con alrededor de la mitad de los puntos que corresponden a Sy1 así como los dos puntos de NLS1 que aparecen en zonas que no son cubiertas por los rangos de valores teóricos contemplados.

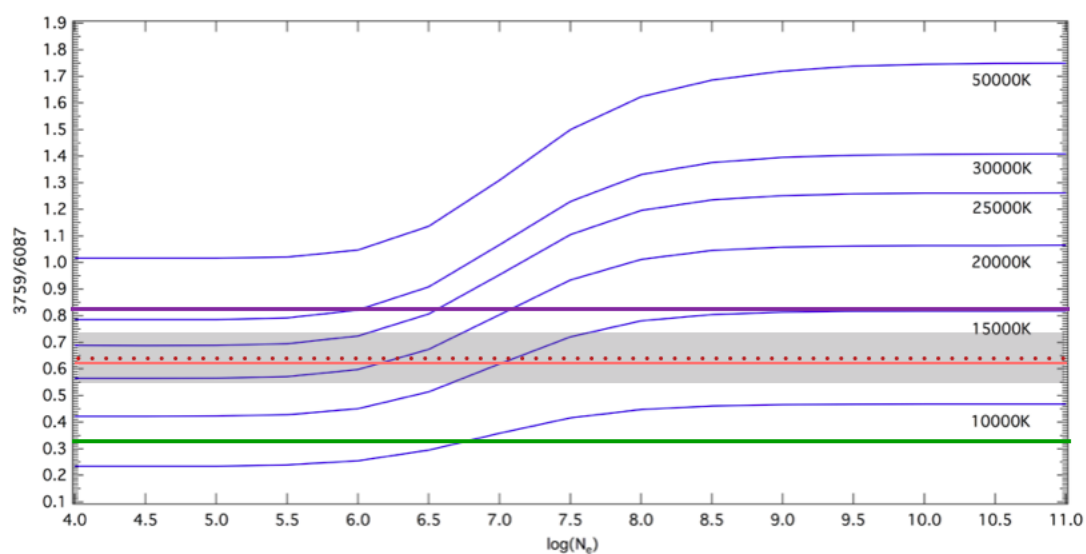


Figura 4-3.: Razón de flujo teórica entre las líneas del [Fe VII] ($F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}$) y sus respectivos rangos de densidad y temperatura electrónica. Las isoterma se construyeron con base a los métodos de Nussbaumer & Storey (1982) y Keenan & Norrington (1991). Los valores observacionales de las razones de flujo se interpolan en la gráfica para establecer rangos de N_e y T_e . La franja gris representa la región donde se concentraron los valores de Portilla (2011) y la línea punteada roja representa el promedio, la línea continua roja indica los valores del trabajo de Alloin et al. (1983), la línea verde indica los valores del trabajo de Fosbury et al. (1992) y la línea púrpura indica los valores del trabajo de Rose et al. (2011).

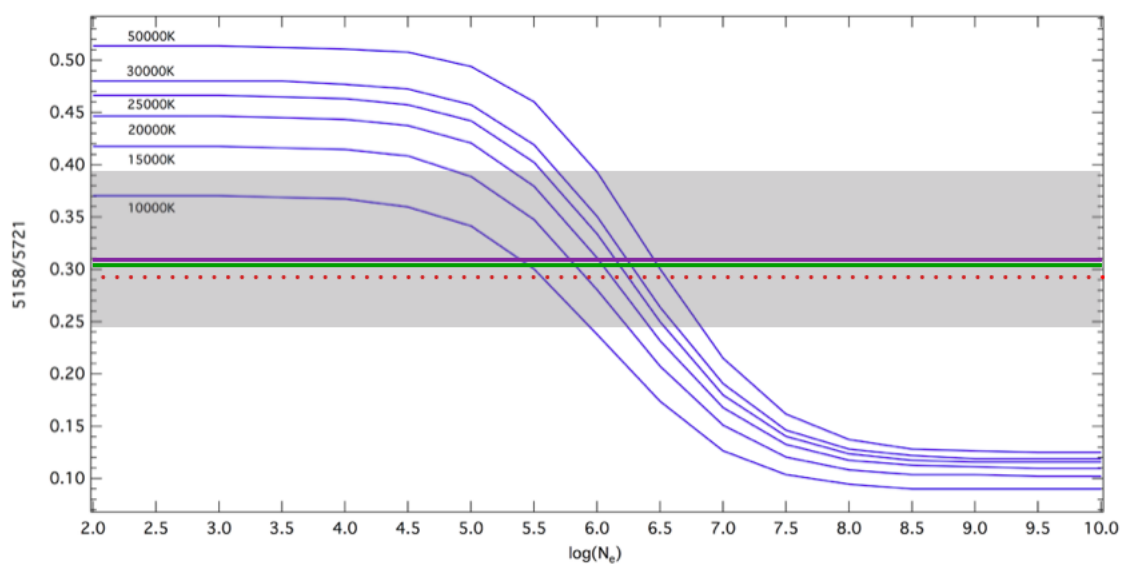


Figura 4-4.: Razón de flujo teórica entre las líneas del [Fe VII] ($F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$) y sus respectivos rangos de densidad y temperatura electrónica. Las isoterma se construyeron con base a los métodos de Nussbaumer & Storey (1982) y Keenan & Norrington (1991). Los valores observacionales de las razones de flujo se interpolan en la gráfica para establecer rangos de N_e y T_e . La franja gris representa la región donde se concentraron los valores de Portilla (2011) y la línea punteada roja representa el promedio, la línea verde indica los valores del trabajo de Fosbury et al. (1992) y la línea púrpura indica los valores del trabajo de Rose et al. (2011).

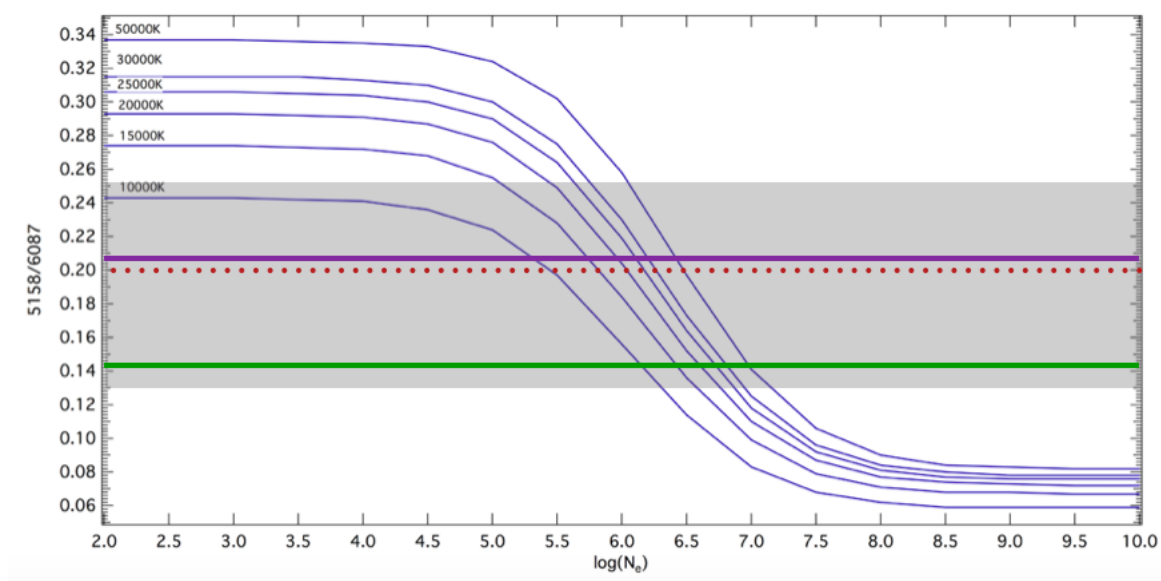


Figura 4-5.: Razón de flujo teórica entre las líneas del [Fe VII] ($F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$) y sus respectivos rangos de densidad y temperatura electrónica. Las isoterma se construyeron con base a los métodos de Nussbaumer & Storey (1982) y Keenan & Norrington (1991). Los valores observacionales de las razones de flujo se interpolan en la gráfica para establecer rangos de N_e y T_e . La franja gris representa la región donde se concentraron los valores de Portilla (2011) y la línea punteada roja representa el promedio, la línea verde indica los valores del trabajo de Fosbury et al. (1992) y la línea púrpura indica los valores del trabajo de Rose et al. (2011).

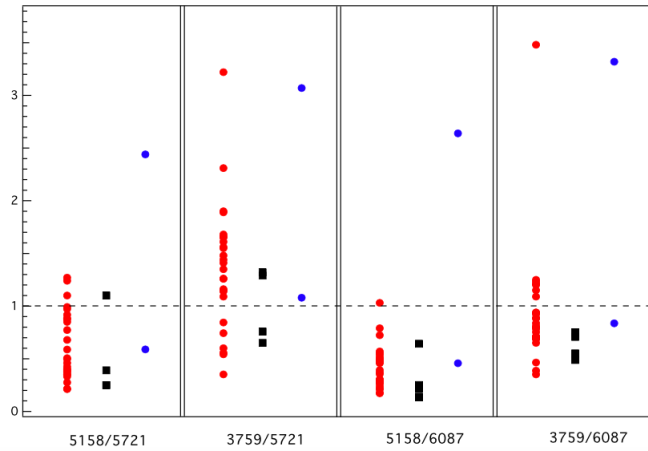


Figura 4-6.: Valor de las razones de flujo: 5158/5721, 3759/5721, 5158/6087 y 3759/6087. Los puntos rojos son Sy1 normales (21 objetos), los puntos azules NLS1(2 objetos) y los cuadrados negros Sy2 (4 objetos) (Portilla, 2011).

De hecho, se reportaron valores supremamente altos de las relaciones 5158/5721 y 5158/6087 en tanto que las razones 3759/5721 y 3759/6087 dan valores coherentes con los valores teóricos (Smith et al., 2009).

Esto se atribuye a una contaminación proveniente de otra línea de emisión, la línea [Fe VII] $\lambda 5158$ puede estar contaminada por [Fe II] $\lambda 5159$ como lo hacen notar Veron-Cetty, Joly & Veron (2004) y Veron-Cetty et al. (2006) en su observación de I Zw1 y Mrk 110, respectivamente (ambas galaxias con notable emisión de [Fe II]) y previamente otros autores con varios objetos Sy1 (Wilson et al., 1976; Oke & Lauer, 1979). Esto podría explicar por qué los valores de los flujos de [Fe VII] dan valores excesivamente altos en las galaxias NLS1, pues una de las características que define el subtipo NLS1 es precisamente las fuertes líneas de [Fe II] (Williams, Pogge & Mathur, 2002). Sin embargo, muchas de las galaxias Sy1 normales presentan también un espectro abundante en líneas de [Fe II] (Osterbrock & Ferland, 2006).

Por lo tanto, la contaminación de [Fe II] $\lambda 5159$ puede hacer que varios de los puntos de los objetos Sy1 se ubiquen en zonas no cubiertas por los valores teóricos pues provienen de razones de flujo 5158/5721 y 5158/6087 con valores numéricos altos. La contaminación de [Fe II] en las galaxias Sy2 es mucho menor o inexistente, motivo por el cual las razones de flujo para estos objetos y el análisis de distribución de temperatura y densidad electrónica se ajusta mejor a los modelos propuestos. Es preciso señalar que la figura 4-6 únicamente tiene el propósito de mostrar el rango espacial que ocupan los valores observacionales, ya que de ellas no pueden determinarse valores específicos de temperatura y densidad (Portilla, 2011).

4.3. Espectros con emisión coronal

Como se mencionó en la sección 3.4.1, la metodología desarrollada se centró en la búsqueda de las líneas de interés por medio de la inspección de la emisión de [Fe VII] en cada uno de los 497 espectros. De tal manera que el continuo fuera lo más plano posible y presentara preferiblemente baja absorción, dada la baja intensidad de las líneas en comparación a la líneas características tales como las líneas de recombinación propias de una galaxia Sy2. Fue fundamental encontrar espectros donde las 4 líneas presentaran una clara emisión.

Posteriormente se utilizó el software LINER y se obtuvieron los lecturas de los flujos integrados en unidades de $\text{erg. cm}^{-2}. \text{s}^{-1}$ de las 4 líneas con sus respectivos valores de FWHM. De acuerdo con estos criterios de selección se encontraron que 10 objetos (correspondientes a un 2% de la muestra global y a un 6% de la muestra MS2E) que cumplieron con estas condiciones y que denominaremos muestra M4. Este aumento en número en comparación con la muestras actuales, permite establecer con mayor claridad los rangos de temperatura y densidad electrónica y la dispersión de velocidades asociados a la emisión coronal.

Las mediciones realizadas del FWHM_o en ángstrom para las líneas de estudio [Fe VII] $\lambda\lambda\lambda\lambda$: 3759, 5158, 5721, 6087, fueron corregidas debido al ensanchamiento instrumental, asociado al valor intrínseco FWHM_i . Como ancho instrumental se usó la resolución espectral nominal del SDSS, $R = 1800$ (York et al., 1999; Vaona et al., 2012) la cual corresponde a 167 km/s. Los valores del FWHM corregidos (FWHM_c) expresados en unidades de velocidad, fueron calculados a partir de la expresión:

$$\text{FWHM}_c = \sqrt{\frac{\text{FWHM}_o \times c}{\lambda_o} - 167^2} \text{ km/s} \quad (4-2)$$

donde λ_o corresponde a la longitud de onda en el marco de referencia del reposo medida en Å, y c a la velocidad de la luz en el vacío en km/s.

A continuación se presentan los 10 espectros del SDSS para las galaxias Sy2 que están incluidos en la muestra MS2E por su emisión excepcional de FHILs detectable, en las 4 líneas de interés $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$ (zonas ampliadas). En el proceso de lectura de los flujos integrados y los FWHM de las líneas de emisión se observó que la mayoría sobresalían por su alta emisión en [Fe VII] $\lambda 6087$ y $\lambda 5721$ (figuras 4-7 a 4-16). En el caso de las líneas [Fe VII] $\lambda 3759$ y $\lambda 5158$, solo se escogieron objetos con emisión notoria y con posibilidades de medir su flujo con un nivel de confianza de 3σ . Siendo esta última la menos común y la de mayor dificultad de detección. Por tal motivo, el proceso de selección se basó en el grado de intensidad de las líneas de [Fe VII], pero con particular énfasis en la medición de las dos últimas.

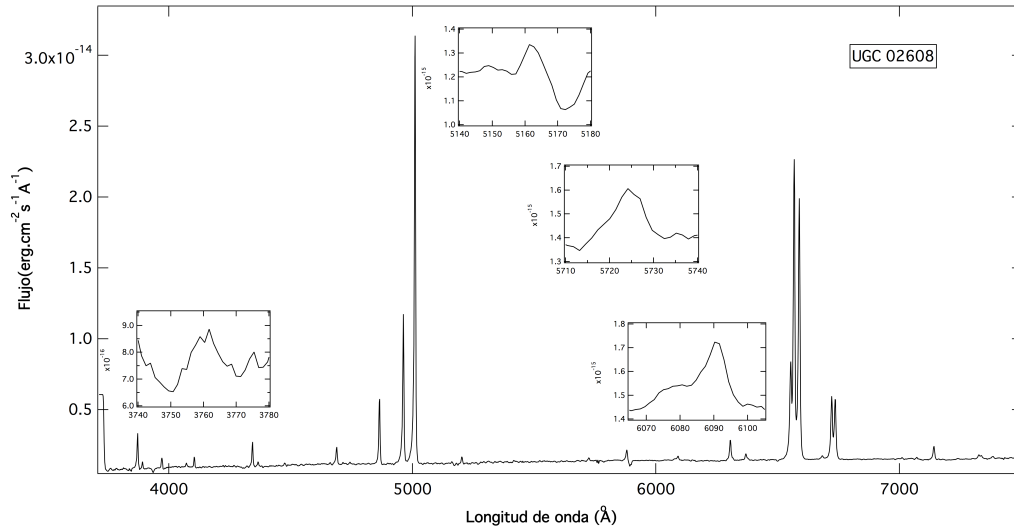


Figura 4-7.: Espectro de la galaxia Seyfert 2 UGC 02608. Este objeto se caracteriza por presentar emisión simultánea de las 4 FHILs en el óptico para el [Fe VII]. Los recuadros muestran una visión ampliada de los sectores $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$.

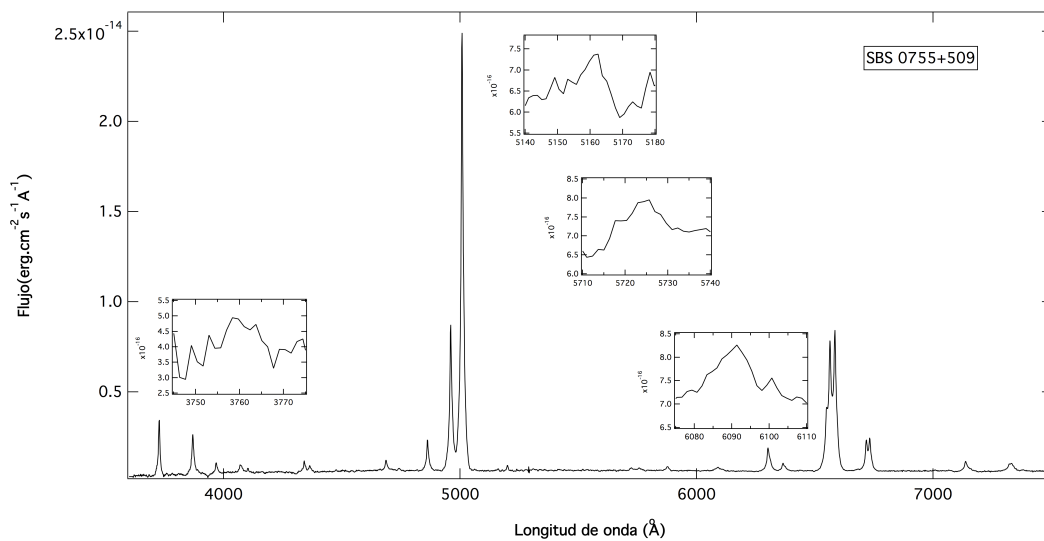


Figura 4-8.: Espectro de la galaxia Seyfert 2 SBS 0755+509. Este objeto se caracteriza por presentar emisión simultánea de las 4 FHILs en el óptico para el [Fe VII]. Los recuadros muestran una visión ampliada de los sectores $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$.

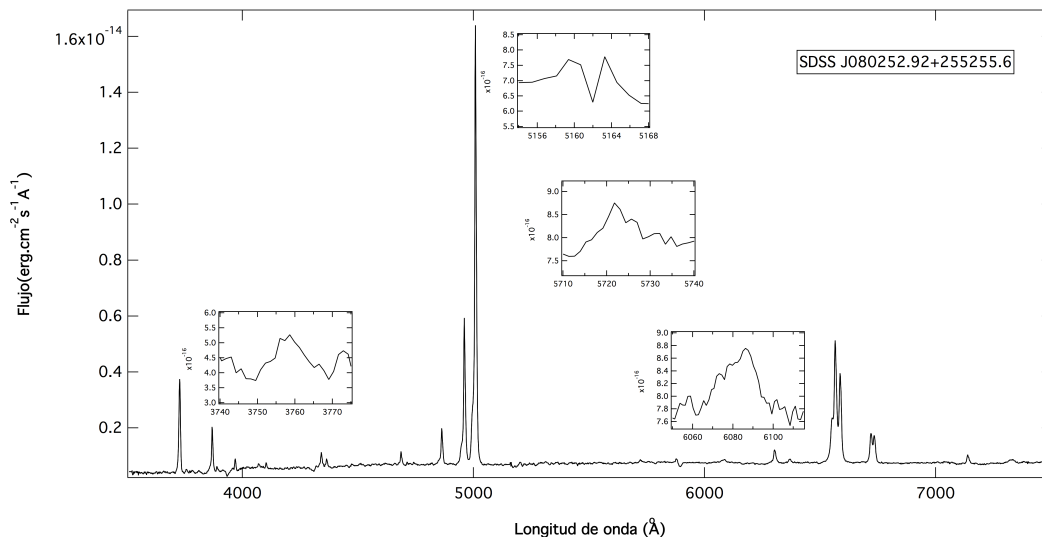


Figura 4-9.: Espectro de la galaxia Seyfert 2 SDSS J080252.92+255255.6. Este objeto se caracteriza por presentar emisión simultánea de las 4 FHILs en el óptico para el [Fe VII]. Los recuadros muestran una visión ampliada de los sectores $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$.

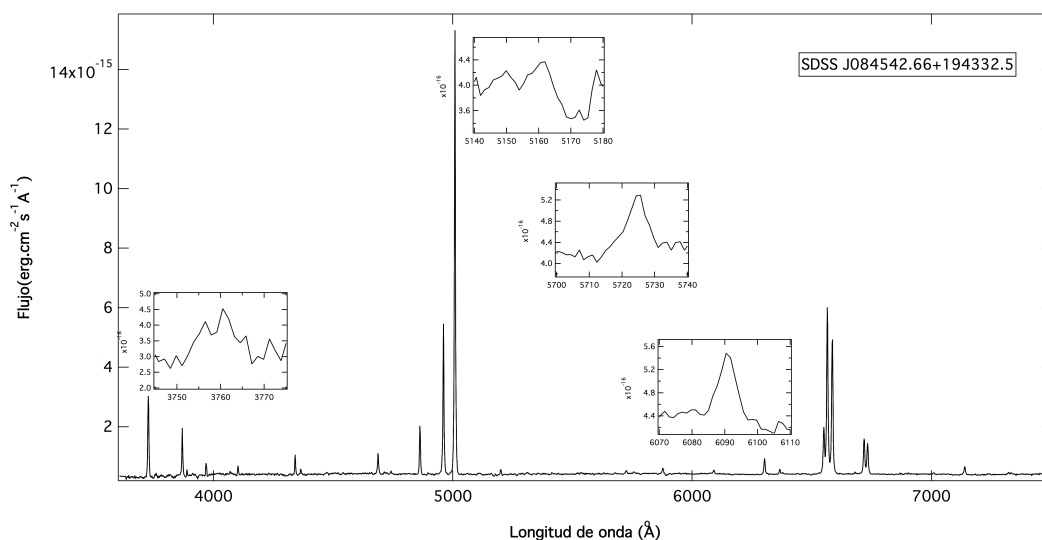


Figura 4-10.: Espectro de la galaxia Seyfert 2 SDSS J084542.66+194332.5. Este objeto se caracteriza por presentar emisión simultánea de las 4 FHILs en el óptico para el [Fe VII]. Los recuadros muestran una visión ampliada de los sectores $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$.

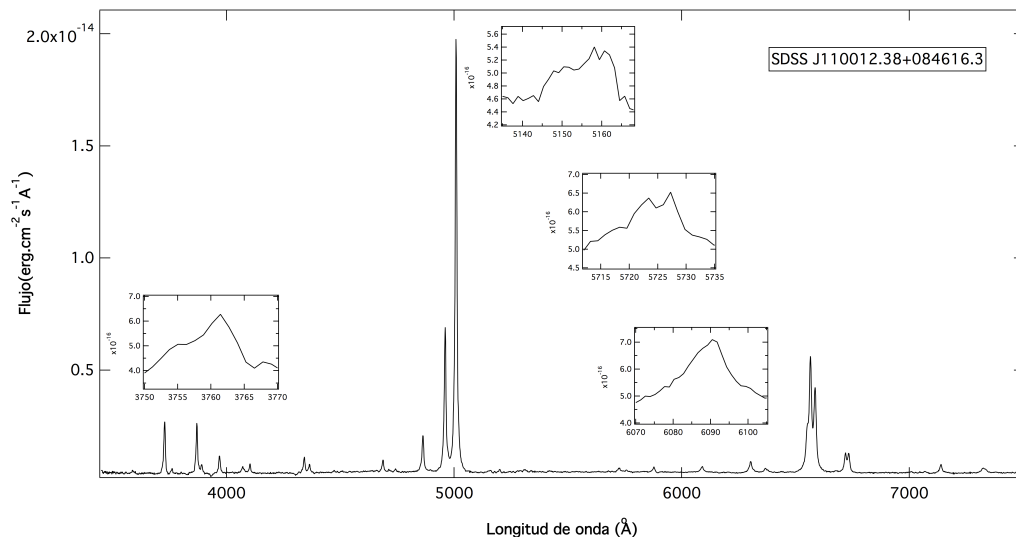


Figura 4-11.: Espectro de la galaxia Seyfert 2 SDSS J110012.38+084616.3. Este objeto se caracteriza por presentar emisión simultánea de las 4 FHILs en el óptico para el [Fe VII]. Los recuadros muestran una visión ampliada de los sectores $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$.

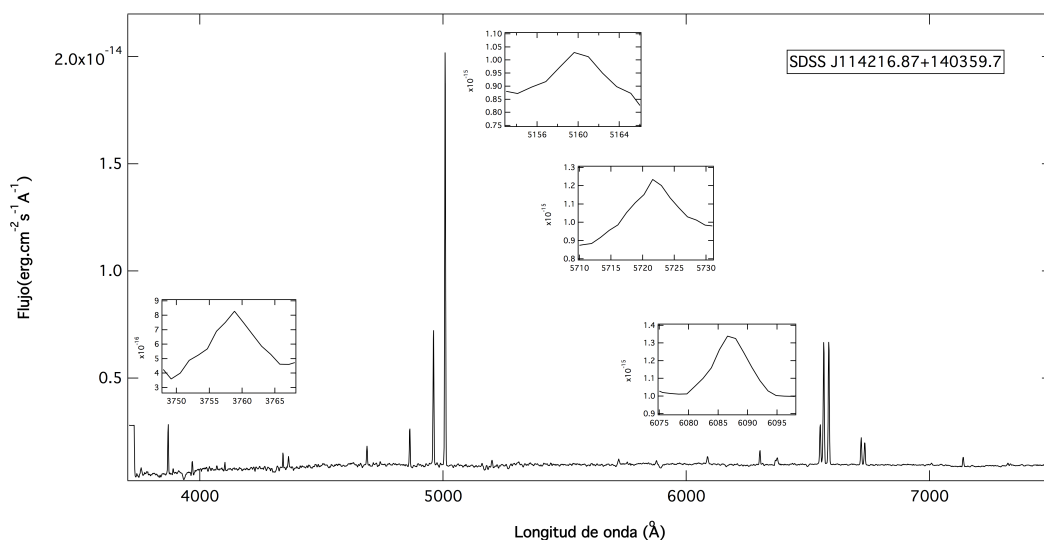


Figura 4-12.: Espectro de la galaxia Seyfert 2 SDSS J114216.87+140359.7. Este objeto se caracteriza por presentar emisión simultánea de las 4 FHILs en el óptico para el [Fe VII]. Los recuadros muestran una visión ampliada de los sectores $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$.

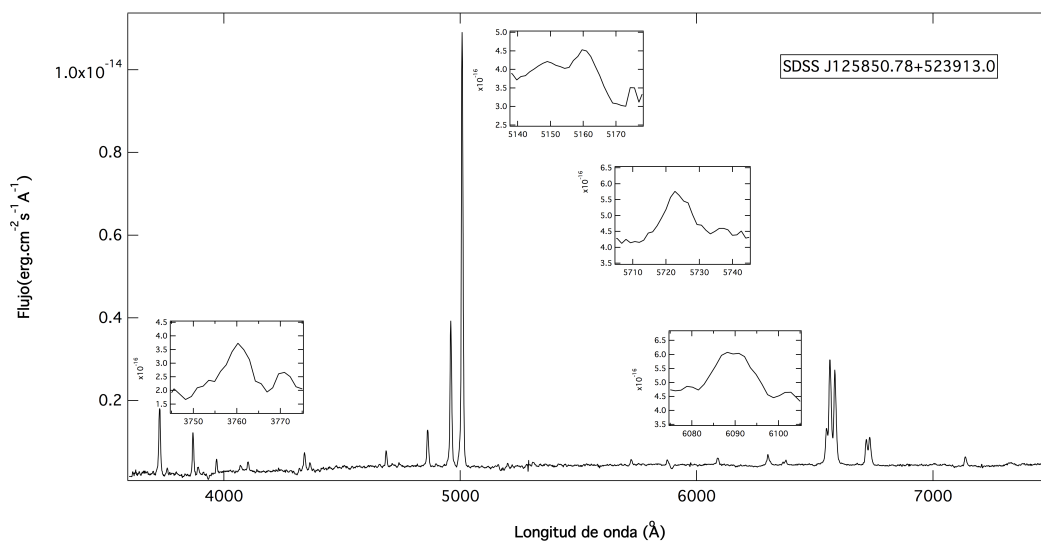


Figura 4-13.: Espectro de la galaxia Seyfert 2 SDSS J125850.78+523913.0. Este objeto se caracteriza por presentar emisión simultánea de las 4 FHILs en el óptico para el [Fe VII]. Los recuadros muestran una visión ampliada de los sectores $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$.

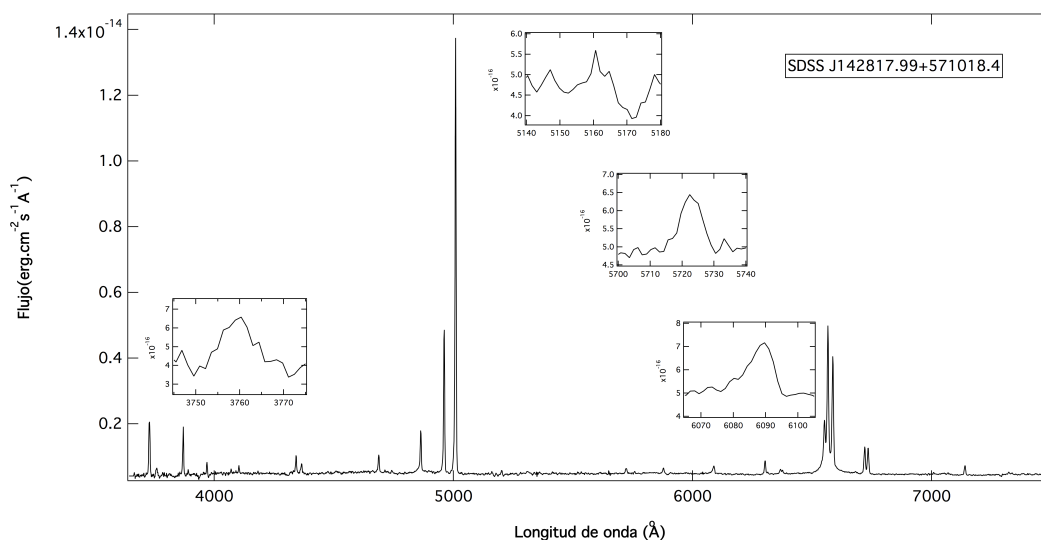


Figura 4-14.: Espectro de la galaxia Seyfert 2 SDSS J142817.99+571018.4. Este objeto se caracteriza por presentar emisión simultánea de las 4 FHILs en el óptico para el [Fe VII]. Los recuadros muestran una visión ampliada de los sectores $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$.

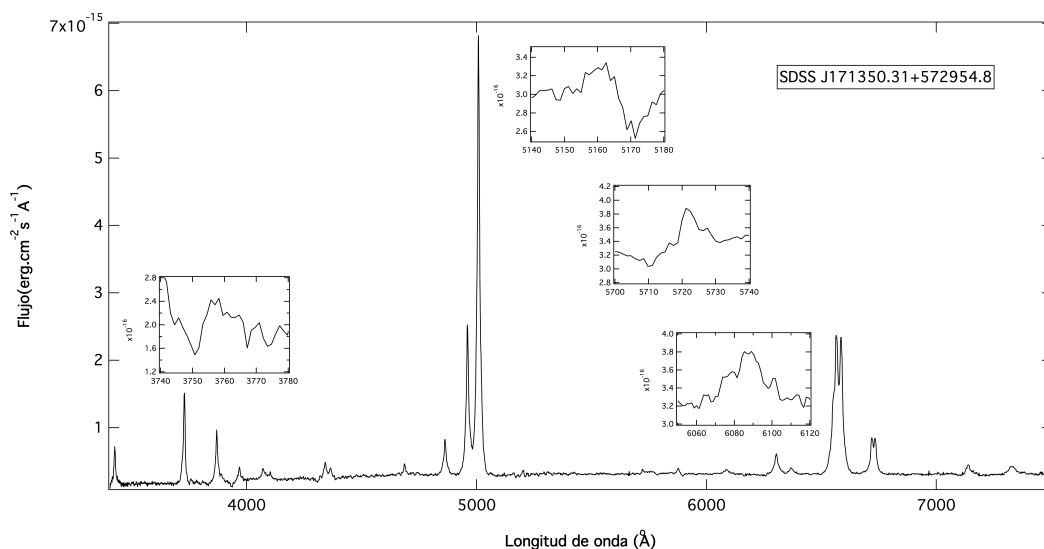


Figura 4-15.: Espectro de la galaxia Seyfert 2 SDSS J171350.31+572954.8. Este objeto se caracteriza por presentar emisión simultánea de las 4 FHILs en el óptico para el [Fe VII]. Los recuadros muestran una visión ampliada de los sectores $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$.

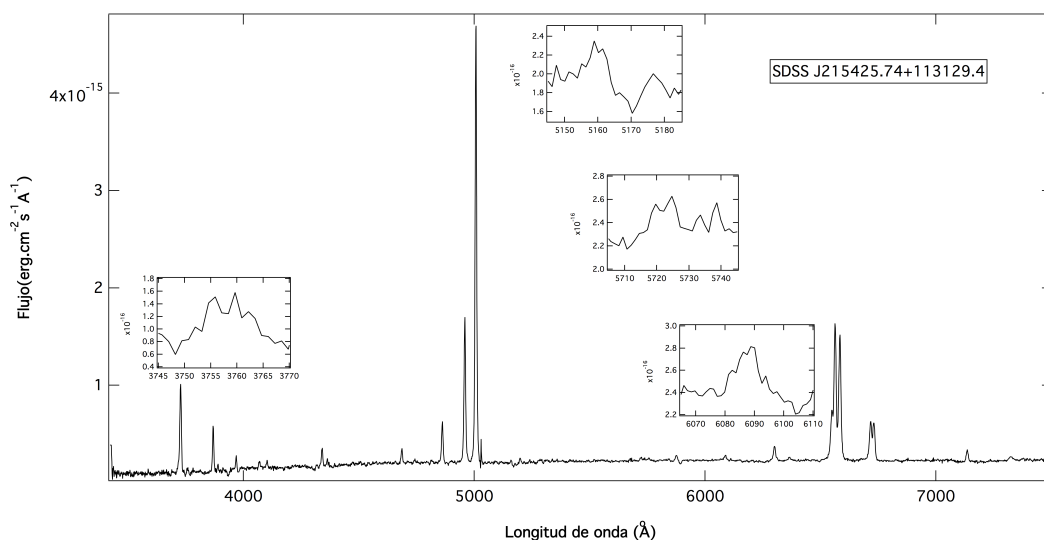


Figura 4-16.: Espectro de la galaxia Seyfert 2 SDSS J215425.74+113129.4. Este objeto se caracteriza por presentar emisión simultánea de las 4 FHILs en el óptico para el [Fe VII]. Los recuadros muestran una visión ampliada de los sectores $\lambda 3759$, $\lambda 5158$, $\lambda 5721$ y $\lambda 6087$.

4.3.1. Rangos encontrados

Una vez obtenidas las lecturas de flujos para cada línea en los 10 espectros (muestra M4), se procedió a interpolar los valores de las razones de flujo derivadas de los datos observacionales en las 4 gráficas teóricas (ver figuras 4-2 a 4-5); luego, por medio de la comparación entre los valores arrojados por las gráficas, se delimitó un rango de temperatura y densidad electrónica para cada objeto emisor para, finalmente, establecer los valores asociados al rango de T_e y N_e de la correspondiente zona de emisión coronal. En las tablas 4-1 y 4-2, se encuentra el listado de las 10 galaxias Seyfert 2 emisoras se las 4 líneas [Fe VII] del presente estudio, ordenadas de manera creciente en ascensión recta, su ID, las coordenadas ecuatoriales J2000, su corrimiento al rojo z y los valores de los anchos totales a media altura observados (FWHM_o) para cada línea, las razones de flujos con sus respectivos errores y los rangos de densidad y temperatura electrónica encontrados.

Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	$F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}$	$F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}$	$F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$	$F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}$	$\log N_e$	T_e
UGC 02608	3 15 01	42 02 09	0.023	0.69±0.06	0.24±0.02	1.07±0.14	0.37±0.01	5.5 - 7.5	15000 - 25000
SBS 0755+509	7 59 41	50 50 24	0.054	0.20±0.04	0.13±0.03	0.34±0.12	0.22±0.04	6 - 7.25	10000 - 30000
SDSS J080252.92+255255.6	8 02 53	25 52 56	0.081	0.56±0.07	0.07±0.01	1.06±0.08	0.14±0.01	6.5 - 7.5	10000 - 25000
SDSS J084542.66+194332.5	8 45 43	19 43 33	0.055	1.48±0.23	0.27±0.02	1.97±0.38	0.36±0.02	5 - 7.5	20000 - 50000
SDSS J110012.38+084616.3	11 00 12	8 46 16	0.100	0.73±0.04	0.24±0.03	0.84±0.04	0.27±0.02	5 - 7	10000 - 25000
SDSS J114216.87+140359.7	11 42 17	14 04 00	0.021	1.03±0.07	0.26±0.02	1.67±0.19	0.42±0.03	5.5 - 7.5	20000 - 50000
SDSS J125850.78+523913.0	12 58 51	52 39 13	0.055	0.63±0.06	0.25±0.03	0.95±0.09	0.38±0.08	5.5 - 7	15000 - 30000
SDSS J142817.99+571018.4	14 28 18	57 10 18	0.043	0.89±0.05	0.25±0.03	1.20±0.07	0.36±0.03	5 - 7	15000 - 30000
SDSS J171350.31+572954.8	17 13 50	57 29 55	0.113	0.46±0.05	0.25±0.02	0.80±0.09	0.40±0.02	5 - 6.25	15000 - 50000
SDSS J215425.74+113129.4	21 54 26	11 31 29	0.109	0.60±0.07	0.40±0.08	0.92±0.15	0.61±0.11	6 - 7	15000 - 20000

Tabla 4-1.: Razones de flujo $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}$, $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}$, $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$, y $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}$, para las 10 galaxias que constituyen la muestra (M4), y sus rangos asociados de N_e en $[\text{cm}^{-3}]$ y T_e en [K].

Galaxia	α [h m s]	δ [° ' "]	z	$\text{FWHM}_o \lambda 3759$	$\text{FWHM}_o \lambda 5158$	$\text{FWHM}_o \lambda 5721$	$\text{FWHM}_o \lambda 6087$
UGC 02608	3 15 01	42 02 09	0.023	10.15	4.97	8.16	11.28
SBS 0755+509	7 59 41	50 50 24	0.054	8.67	7.19	24.96	29.65
SDSS J080252.92+255255.6	8 02 53	25 52 56	0.081	9.86	1.86	13.80	24.03
SDSS J084542.66+194332.5	8 45 43	19 43 33	0.055	10.51	5.48	7.12	7.82
SDSS J110012.38+084616.3	11 00 12	8 46 16	0.100	11.21	9.73	17.15	15.14
SDSS J114216.87+140359.7	11 42 17	14 04 00	0.021	7.06	4.23	6.34	7.21
SDSS J125850.78+523913.0	12 58 51	52 39 13	0.055	8.45	11.22	15.87	14.54
SDSS J142817.99+571018.4	14 28 18	57 10 18	0.043	7.86	7.77	9.49	10.43
SDSS J171350.31+572954.8	17 13 50	57 29 55	0.113	12.12	12.73	22.14	28.80
SDSS J215425.74+113129.4	21 54 26	11 31 29	0.109	8.35	7.28	16.12	14.86

Tabla 4-2.: Valores del FWHM_o en Å de las líneas de interés para la muestra de galaxias (M4) que presentan emisión simultánea de [Fe VII] $\lambda\lambda\lambda\lambda 3759, 5158, 5721, 6087$.

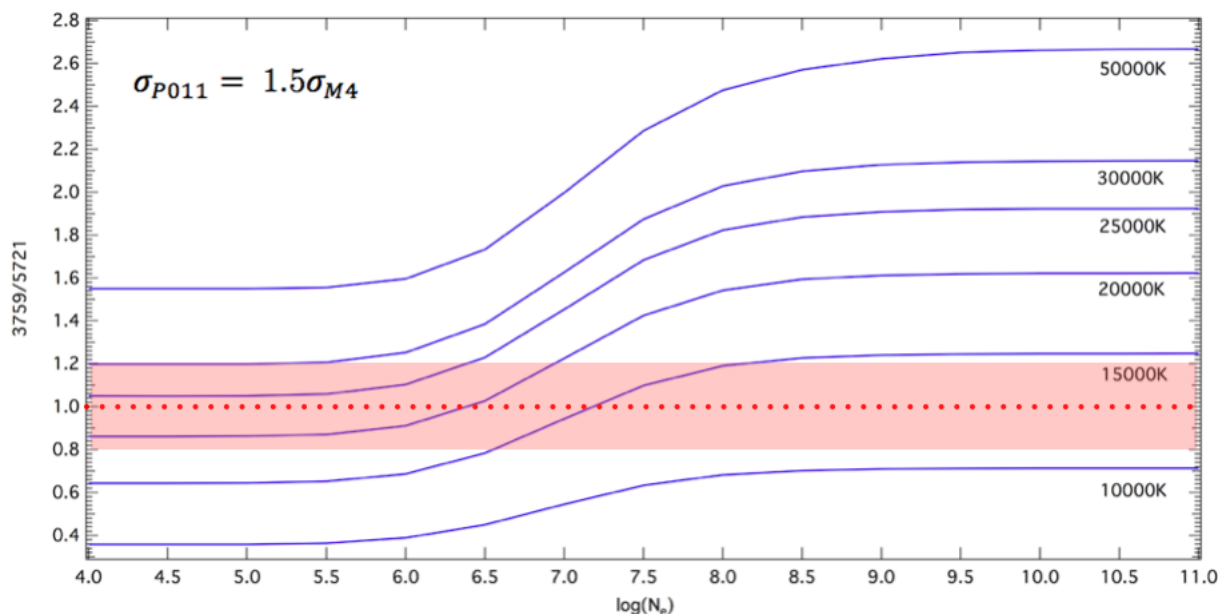


Figura 4-17.: Razón de flujo teórica entre las líneas del [Fe VII] ($F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$) y sus respectivos rangos de densidad y temperatura electrónica. Las isoterma se construyeron con base a los métodos de Nussbaumer & Storey (1982) y Keenan & Norrington (1991). Los valores experimentales de las razones de flujo se interpolan en la gráfica para establecer rangos de N_e y T_e . La franja roja representa la zona donde se concentraron los valores observacionales de la muestra M4 (0.80 - 1.20) y la línea punteada roja representa el promedio; a manera de ejemplo, esta línea indica N_e de entre $10^{6.25}$ y 10^7 y T_e entre 15000 y 20000 K . Así mismo se muestra la comparación entre la desviación estándar de nuestros valores σ_{M4} y la muestra de Portilla σ_{P011} para galaxias Sy2.

En la tabla 4-1 pueden apreciarse los valores que toman las razones de flujo $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}$, $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$, $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}$ y $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}$ para los 10 objetos emisión detectable de las 4 líneas del [FeVII] que conforman la muestra (M4), junto a su rango de temperatura y densidad electrónica. Casi en su totalidad, la razón $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}$ comprende principalmente valores concentrados entre 0.56 y 0.89 (a excepción de 3 casos) Así mismo, la relación $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}$ tiende a presentar una menor dispersión de valores, y en su mayoría arrojan valores entre 0.24 y 0.27 (a excepción de 3 casos). De igual forma, las razones $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$ y $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}$ tienden a presentar valores que se concentran entre 0.8 y 1.2, y entre 0.36 y 0.42, respectivamente. Las figuras (4-17 a 4-20) muestran la ubicación de los rangos obtenidos en las isoterma teóricas, junto al valor promedio observacional.

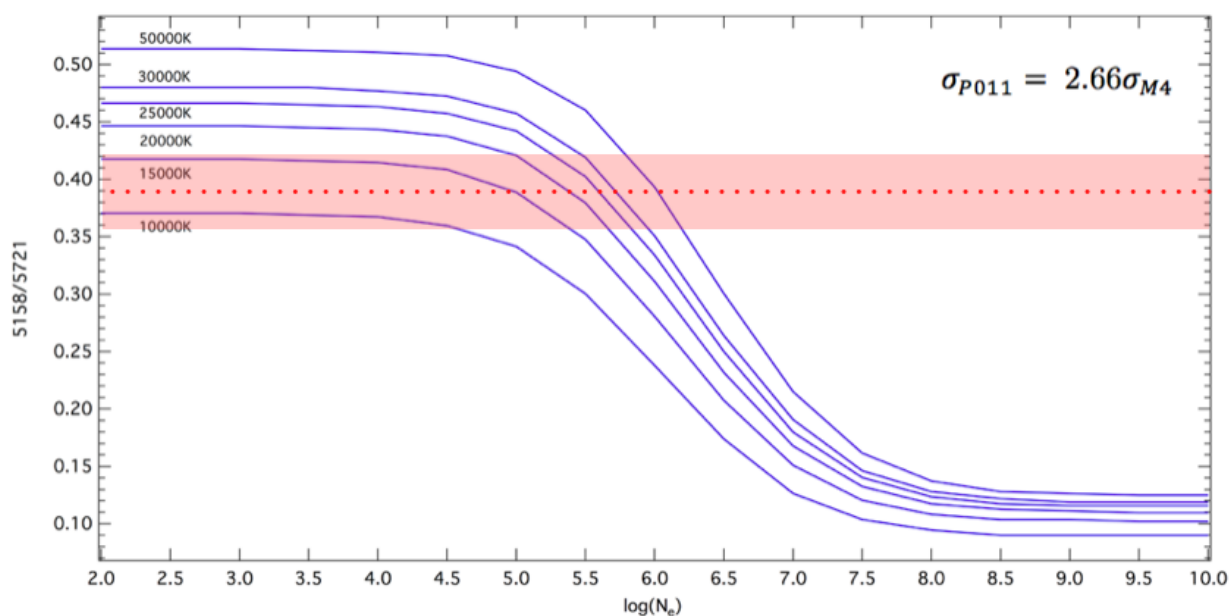


Figura 4-18.: Razón de flujo teórica entre las líneas del [Fe VII] ($F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}$) y sus respectivos rangos de densidad y temperatura electrónica. Las isoterma se construyeron con base a los métodos de Nussbaumer & Storey (1982) y Keenan & Norrington (1991). Los valores experimentales de las razones de flujo se interpolan en la gráfica para establecer rangos de N_e y T_e . La franja roja representa la zona donde se concentraron los valores observacionales de la muestra M4 (0.36 - 0.42) y la línea punteada roja representa el promedio; a manera de ejemplo, esta línea indica N_e de entre 10^5 y $10^{6.25}$ y T_e entre 15000 y 50000 K. Así mismo se muestra la comparación entre la desviación estándar de nuestros valores σ_{M4} y la muestra de Portilla σ_{P011} para galaxias Sy2.

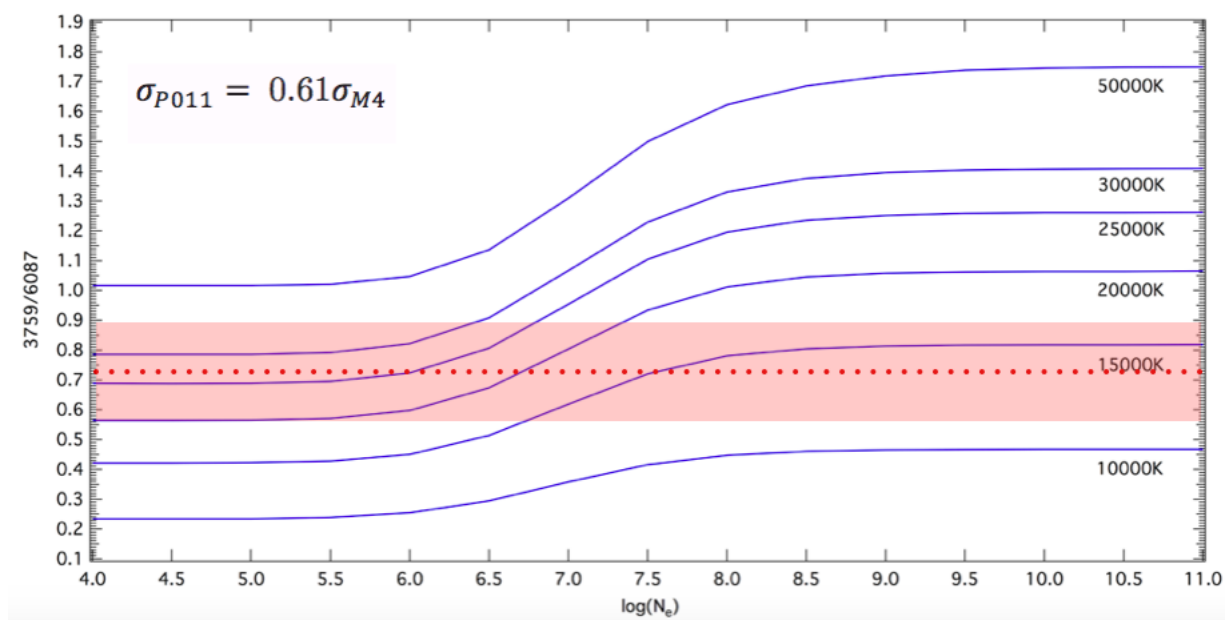


Figura 4-19.: Razón de flujo teórica entre las líneas del [Fe VII] ($F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}$) y sus respectivos rangos de densidad y temperatura electrónica. Las isotermales se construyeron con base a los métodos de Nussbaumer & Storey (1982) y Keenan & Norrington (1991). Los valores experimentales de las razones de flujo se interpolan en la gráfica para establecer rangos de N_e y T_e . La franja roja representa la zona donde se concentraron los valores observacionales de la muestra M4 (0.56 - 0.89) y la línea punteada roja representa el promedio; a manera de ejemplo, esta línea indica N_e de entre 10^6 y $10^{7.5}$ y T_e entre 15000 y 25000 K. Así mismo se muestra la comparación entre la desviación estándar de nuestros valores σ_{M4} y la muestra de Portilla σ_{P011} para galaxias Sy2.

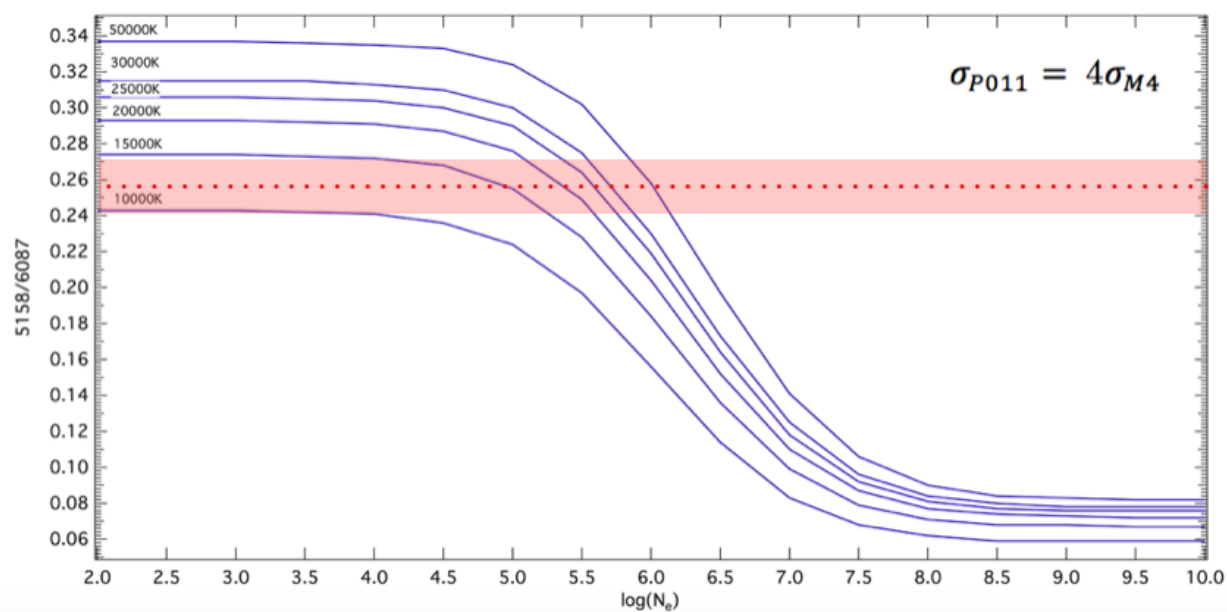


Figura 4-20.: Razón de flujo teórica entre las líneas del [Fe VII] ($F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}$) y sus respectivos rangos de densidad y temperatura electrónica. Las isoterma se construyeron con base a los métodos de Nussbaumer & Storey (1982) y Keenan & Norrington (1991). Los valores experimentales de las razones de flujo se interpolan en la gráfica para establecer rangos de N_e y T_e . La franja roja representa la zona donde se concentraron los valores observacionales de la muestra M4 (0.24 - 0.27) y la línea punteada roja representa el promedio; a manera de ejemplo, esta línea indica N_e de entre 10^5 y 10^6 y T_e entre 15000 y 50000 K . Así mismo se muestra la comparación entre la desviación estándar de nuestros valores σ_{M4} y la muestra de Portilla σ_{P011} para galaxias Sy2.

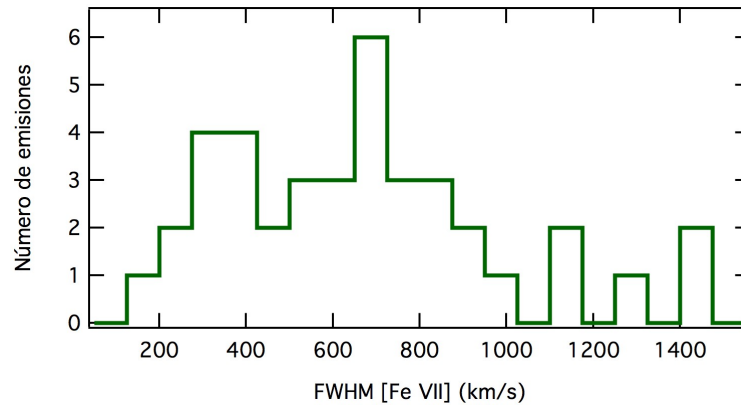


Figura 4-21.: Distribuciones del número de emisiones coronales detectadas en la muestra (M4), según los valores corregidos del FWHM.

La figura 4-17 muestra igualmente la distribución del número de emisiones coronales de [Fe VII] para la totalidad de la muestra (M4), con relación a los valores del FWHM corregidos, y que fueron tomadas de la tabla 4-2 en unidades de velocidad. En esta pueden evidenciarse dos grupos marcados: en el primero los valores de Δ_{FWHM_c} se concentran mayoritariamente entre el rango de 200 y 900 km/s y en el segundo, aunque en menor proporción, entre 1100 y 1500 km/s.

4.3.2. Discusión de resultados

Nuestros resultados apuntan a que las líneas coronales de las galaxias Sy2 estudiadas en la muestra (M4), provienen de una zona de emisión coronal que no se asocia a una única región. Mediante la figura 4-21 se puede establecer que la mayoría de las emisiones coronales de [Fe VII] detectadas, están localizadas a lo largo de la NLR; apoyando principalmente la idea de la ubicación de la CLR como un complemento de la NLR (FWHM 400 - 750 km/s) propuesta por Maruyama & Taniguchi (1998) y Korista & Ferland (1989), aunque es poco probable, dada la distribución del número de emisiones, que la zona de emisión se retrinja a esta zona específica.

El hecho de encontrar valores de Δ_{FWHM} de entre 750 y 1300 km/s, aunque en menor proporción, sugiere que algunas líneas coronales estarían siendo originadas igualmente en regiones más internas, tales como el toroide y el límite externo de la BLR. Lo anterior respalda la idea de Portilla (2011) acerca de la contribución de diversas zonas de emisión más internas dependientes de la orientación y estructura del toroide, y que pueden residir en la porción interna de la NLR e incluso pueden llegar a concentrarse en la cara interna del toroide, y la zona exterior de la BLR.

Si bien los FWHM de las líneas de $\lambda 6087$ y $\lambda 5721$ son ligeramente superiores comparados con

$\lambda 3759$ y $\lambda 5158$ en la gran mayoría de casos, estos valores pueden tener asociados un amplio rango de condiciones físicas complejas, tales como, variación de los perfiles de ionización, existencia o no de polvo, interacción con chorros en las regiones internas, entre otros, como lo señalan los trabajos de Rodríguez-Ardila et al. (2006), Oliva et al. (1994) y Müller-Sánchez et al. (2011).

Nuestro estudio coincide en mencionar la dificultad de la medición del flujo para la línea de [Fe VII] $\lambda 5158$ por recurrentes factores de absorción y contaminación, a diferencia de las otras 3 líneas. De hecho, en aquellos casos donde su detección no es del todo clara, el modelo tiende a arrojar valores bastante superiores a los valores teóricos. Es importante señalar que los valores de error para las razones de flujo, salvo algunos casos, no superan el 10%. Pese a que en solo tres oportunidades las razones de flujo estuvieron por fuera de los valores contemplados, pudo verificarse que las galaxias Sy2 con emisión de [Fe VII], caen dentro de los rangos que se obtienen teóricamente.

Al comparar los resultados de las 4 gráficas (figuras 4-17 a 4-20) y señalados en la tabla 4-1, es posible acotar más adecuadamente los valores de N_e y T_e , de manera que los rangos definitivos se establecen al contrastar las distribuciones comunes para cada objeto y luego para la muestra total. La dispersión entre los distintos valores de las razones de flujo observacionales de la muestra M4 (σ_{M4}) es significativamente menor en 3 de las 4 gráficas, con relación a los objetos reseñados por Portilla (2011) (σ_{P011}) tal y como se indica en las figuras 4-17 a 4-20.

El estudio arroja una mayoritaria distribución de temperatura electrónica T_e entre 15000-30000 K, y una distribución de densidad electrónica N_e que se concentra en un rango de $10^{5.5} - 10^7 \text{ cm}^{-3}$, cercanos al valor de densidad crítica de esta especie, que están en el intervalo reportado por Ferguson et al., 1997. Nuestros resultados son acordes con los reportados por Rose et al. (2011), Alloin et al. (1992), Fosbury et al. (1992) y Portilla (2011), para los objetos Sy2 ($T_e \sim 10000 - 30000 \text{ K}$, $N_e \sim 10^6 \text{ cm}^{-3}$); y proponen unos rangos de distribución de temperatura y densidad soportados en un mayor número mayor de objetos analizados provenientes de una fuente homogénea.

Los rangos de valores de temperatura y densidad electrónica estimados para la zona de emisión de [Fe VII] son relativamente amplios y mayores a los que generalmente se obtienen a partir de líneas provenientes de especies químicas de más baja ionización tales como de [O III] $\lambda 5007$ y de [S II] $\lambda 6731$, comúnmente atribuidas a la NLR, y que están comprendidas entre 10000-25000 K para la temperatura, y 10^2 a 10^4 cm^{-3} para la densidad (Peterson, 1997). Igualmente son consistentes con valores deducidos teóricamente, para las condiciones físicas de la CLR, propios de un gas fotoionizado, encontrados por Muruyama & Taniguchi (1998) ($T_e \sim 10^4 \text{ K}$, $N_e \sim 10^{6-7} \text{ cm}^{-3}$) y Ferguson & Korista (1997) ($T_e \sim 12000 - 150000 \text{ K}$, $N_e \sim 10^2 - 10^{8.5} \text{ cm}^{-3}$).

5. Conclusiones

Por medio de la implementación de sentencias en SQL, y basados en las regiones contempladas por los diagramas de diagnóstico BPT, fue posible seleccionar y establecer una muestra significativa de galaxias Seyfert 2 (497 espectros ópticos) provenientes de una fuente homogénea. En esta se pudo identificar y detectar emisión de líneas coronales y, de esta manera, conformar una distribución de objetos emisores (161) y no emisores (336) de [Fe VII] que amplía las muestras existentes. Igualmente se encontraron valores de magnitud aparente menores a 20 en las cinco bandas del SDSS. Se pudo establecer que la probabilidad de emisión de FHILs en términos de la proporción del objetos estudiados, corresponde a un 32 %, siendo las líneas de [Fe VII] $\lambda 6087$ y [Fe VII] $\lambda 5721$ las más frecuentes e intensas y la de [Fe VII] $\lambda 5158$ la de mayor dificultad de detección. Se observó que la emisión coronal está asociada usualmente a corrimientos al rojo menores a 0.06, siendo incluso mayor entre 0.02 y 0.03 en proporción al tamaño de la muestra no emisora.

Basados en la determinación de los índices de color u - g, g - r, e incluyendo por primera vez los índices u - r, g - i y r - z para ambas muestras (MS2E y MS2NE), se concluye que ambas poblaciones de galaxias Seyfert 2 presentan características similares y se comportan como una única población, con una distribución de valores del índice de color u - g entre 0.9 y 1.7 a diferencia de los valores entre 0.6 y 1.4 para objetos emisores y valores entre 1.3 y 2.0 para no emisores reportados en trabajos previos. En el caso del índice g - r nuestros valores se concentran entre 0.4 y 0.8 para ambas poblaciones, en contraste a los valores reportados entre 0.3 y 0.8 para la muestra emisora, y entre 0.5 y 0.9 para la muestra no emisora. Los índices u - r para las dos poblaciones se concentran entre 1.4 y 2.4, los índices g - i entre 0.8 y 1.2 y los índices r - z entre 0.5 y 0.8.

Los resultados de la aplicación de la prueba estadística Kolmogorov - Smirnov indican que la hipótesis nula no puede rechazarse, por lo tanto, se encuentra que no existen diferencias fotométricas entre las dos poblaciones emisoras y no emisoras de [Fe VII]; esta idea es reforzada mediante el diagrama color-color g - r/u - g el cual muestra aproximadamente las mismas distribuciones. Este comportamiento sugiere que la presencia de líneas de alta ionización como [Fe VII] no indica que las galaxias Sy2 que las emiten sean un tipo especial de galaxias que las pueda diferenciar de aquellas en las que no se observa emisión de tales líneas.

Se consolidó una muestra espectral de 10 galaxias Sy2 (superior a las reportadas en la literatura), en la que pudo detectarse emisión simultánea de las cuatro líneas de estudio [Fe VII] $\lambda\lambda\lambda\lambda$: 3759, 5158, 5721, 6087; así mismo, se realizó la lectura de los flujos y la medición de los FWHM de cada línea mediante el software LINER. La determinación de las razones de flujo: $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 5721}$, $F_{\lambda 3759}/F_{\lambda 6087}$, $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 5721}$, y $F_{\lambda 5158}/F_{\lambda 6087}$, permitieron encontrar rangos de densidad y temperatura electrónica de la zona de emisión coronal; se observó que la gran mayoría de objetos presentan T_e entre 15000 y 30000 K y N_e entre $10^{5.5} - 10^7 \text{cm}^{-3}$. Dichos rangos son consistentes con los valores teóricos de un gas fotoionizado y ligeramente superiores a los valores de temperatura y densidad electrónica que caracterizan a la NLR. Finalmente se pudo establecer que las emisiones coronales provienen de regiones con Δv_{FWHM} concentrados mayoritariamente entre 200 y 900 Km/s, posiblemente originadas entre la NLR y el límite externo de la BLR. Los resultados encontrados en el presente trabajo abren nuevas posibilidades de investigación, en términos de la exploración de los mecanismos físicos de producción de FHILs y la extensión espacial de la región de origen de las líneas coronales.

A. Apéndice: Código en SQL

A continuación presentamos la sentencia desarrollada en SQL para efectuar la búsqueda en el servidor del SDSS¹ de los espectros y de las magnitudes en los filtros u, g, r, i, z , de las galaxias Seyfert 2, a partir de las razones de flujo $[\text{O III}]\lambda 5007/\text{H}\beta 4861 > 3$, $[\text{N II}]\lambda 6583/\text{H}\alpha 6563 > 2/3$, $[\text{S II}]\lambda 6716 + 6731/\text{H}\alpha 6563 > 1/3$ y $[\text{O I}]\lambda 6300/\text{H}\alpha 6563 > 0.06$ que surgen de los sectores cubiertos por los diagramas de diagnóstico BPT. Cabe resaltar que se estudiaron objetos con $z > 0.02$, para efectos de garantizar la detección de la línea de $[\text{Fe VII}]\lambda 3759$ en la zona espectral.

```
SELECT
GAL.ObjID, SO.chunk, SO.ra, SO.dec, SO.z, PO.u, PO.g, PO.r, PO.i, PO.z
from
SpecObj SO, galSpecLine LINE, Galaxy GAL, PhotoObjAll PO
where
SO.bestObjID = GAL.ObjID
and LINE.specObjID = SO.specObjID
AND SO.specObjID= PO.specObjID
AND LINE.oiii_5007_flux >200
AND LINE.h_beta_flux >100
AND SO.z between 0.02 and 0.13
and SO.snMedian >10
and (LINE.oiii_5007_flux / LINE.h_beta_flux) between 3 and 16
and (LINE.nii_6584_flux / LINE.h_alpha_flux) between 0.6 and 2
and (LINE.oi_6300_flux / LINE.h_alpha_flux) between 0.06 and 0.2
and ((LINE.sii_6717_flux + LINE.sii_6731_flux)/ LINE.h_alpha_flux)
between 0.3 and 0.6

AND LINE.h_alpha_flux <>0
order by ra
```

¹La sentencia en SQL se ingresa mediante el enlace: <http://skyserver.sdss.org/dr14/en/tools/search/sql.aspx>

B. Apéndice: Corrección K

El siguiente es el código en Python¹ que permitió realizar la corrección K (en una o más magnitudes) de la muestra global de 497 galaxias Sy2. Los valores de los coeficientes están basados en el trabajo de Chilingarian, Melchior & Zolotukhin (2010), y permiten realizar la corrección con base a polinomios bidimensionales en función del corrimiento al rojo z (entre 0.0 y 0.5) y de los índices de color previamente calculados mediante el sistema de filtros del SDSS.

```
def calc_kcor(filter_name, redshift, colour_name, colour_value):
    """
    @type filter_name: string
    @param filter_name: Name of the filter to calculate K-correction for, e.g.
                        'u', 'g', 'r' for some of the SDSS filters
    @type redshift: float
    @param redshift: Redshift of a galaxy, should be between 0.0 and 0.5 (no
                    check is made, however)
    @type colour_name: string
    @param colour_name: Human name of the colour, e.g. 'u - g', 'g - r',
                       'u - r', 'g - i'
    @type colour_value: float
    @param colour_value: Value of the galaxy's colour, specified in colour_name
    @rtype: float
    @return: K-correction in specified filter for given redshift and
            colour
    @version: 2012
    @author: Chilingarian, I., Melchior. A.-L., and Zolotukhin, I.
    @license: Simplified BSD license
```

Usage example:

```
>>> calc_kcor('g', 0.2, 'g - r', 1.1)
0.5209713975999992
```

¹Tomado de: <http://kcor.sai.msu.ru>

```
"""
coeff = {
    'g_gi': [
        [0,0,0,0],
        [1.59269,-2.97991,7.31089,-3.46913],
        [-27.5631,-9.89034,15.4693,6.53131],
        [161.969,-76.171,-56.1923,0],
        [-204.457,217.977,0,0],
        [-50.6269,0,0,0],
    ],
    'g_gu': [
        [0,0,0,0],
        [2.37454,-4.39943,7.29383,-2.90691],
        [-28.7217,-20.7783,18.3055,5.04468],
        [220.097,-81.883,-55.8349,0],
        [-290.86,253.677,0,0],
        [-73.5316,0,0,0],
    ],
    'g_gr': [
        [0,0,0,0],
        [-2.45204,4.10188,10.5258,-13.5889],
        [56.7969,-140.913,144.572,57.2155],
        [-466.949,222.789,-917.46,-78.0591],
        [2906.77,1500.8,1689.97,30.889],
        [-10453.7,-4419.56,-1011.01,0],
        [17568,3236.68,0,0],
        [-10820.7,0,0,0],
    ],
    'i_gi': [
        [0,0,0,0],
        [-2.21853,3.94007,0.678402,-1.24751],
        [-15.7929,-19.3587,15.0137,2.27779],
        [118.791,-40.0709,-30.6727,0],
        [-134.571,125.799,0,0],
        [-55.4483,0,0,0],
    ],
    'r_gr': [
        [0,0,0,0],
```

```
[1.83285,-2.71446,4.97336,-3.66864],
[-19.7595,10.5033,18.8196,6.07785],
[33.6059,-120.713,-49.299,0],
[144.371,216.453,0,0],
[-295.39,0,0,0],
],
'r_ur': [
  [0,0,0,0],
  [3.03458,-1.50775,0.576228,-0.0754155],
  [-47.8362,19.0053,-3.15116,0.286009],
  [154.986,-35.6633,1.09562,0],
  [-188.094,28.1876,0,0],
  [68.9867,0,0,0],
],
'u_ur': [
  [0,0,0,0],
  [10.3686,-6.12658,2.58748,-0.299322],
  [-138.069,45.0511,-10.8074,0.95854],
  [540.494,-43.7644,3.84259,0],
  [-1005.28,10.9763,0,0],
  [710.482,0,0,0],
],
'r_zr': [
  [0,0,0,0],
  [2.60443,-2.04106,0.52215,0.00028771],
  [-24.6891,5.70907,-0.552946,-0.131456],
  [95.908,-0.524918,1.28406,0],
  [-208.296,-10.2545,0,0],
  [186.442,0,0,0],
],
'u_ug': [
  [0,0,0,0],
  [11.9853,-6.71644,2.31366,-0.234388],
  [-137.024,35.7475,-7.48653,0.655665],
  [519.365,-20.9797,0.670477,0],
  [-1028.36,2.79717,0,0],
  [767.552,0,0,0],
],
'z_gz': [
```

```

        [0,0,0,0],
        [0.30146,-0.623614,1.40008,-0.534053],
        [-10.9584,-4.515,2.17456,0.913877],
        [66.0541,4.18323,-8.42098,0],
        [-169.494,14.5628,0,0],
        [144.021,0,0,0],
    ],
    'z_rz': [
        [0,0,0,0],
        [0.669031,-3.08016,9.87081,-7.07135],
        [-18.6165,8.24314,-14.2716,13.8663],
        [94.1113,11.2971,-11.9588,0],
        [-225.428,-17.8509,0,0],
        [197.505,0,0,0],
    ],
    'z_uz': [
        [0,0,0,0],
        [0.623441,-0.293199,0.16293,-0.0134639],
        [-21.567,5.93194,-1.41235,0.0714143],
        [82.8481,-0.245694,0.849976,0],
        [-185.812,-7.9729,0,0],
        [168.691,0,0,0],
    ],
}

c = coeff[filter_name + '_' + colour_name.replace(' - ', '')]
kcor = 0.0

for x, a in enumerate(c):
    for y, b in enumerate(c[x]):
        kcor += c[x][y] * redshift**x * colour_value**y

return kcor

if __name__ == "__main__":
    import doctest
    doctest.testmod()

```

C. Apéndice: Líneas Coronales

En este apéndice se incluyen los datos atómicos de las cuatro líneas coronales del [Fe VII] en el rango óptico estudiadas en esta tesis. Los datos fueron tomados de la pagina del NIST Atomic Spectra Database Lines Data.¹

Tabla C-1.: Líneas coronales estudiadas en esta tesis, en la tabla, PI representa el potencial de ionización, A_{ki} la probabilidad de transición, E_{i-k} los niveles de energía y J_{i-k} los números cuanticos de los momentos angulares totales, que dan lugar a la emisión correspondiente.

Línea	λ (Å)	PI (eV)	A_{ki} (s^{-1})	E_i (cm^{-1}) - E_k (cm^{-1})	Configuración	Término	$J_i - J_k$
[Fe VII]	3759	99	2.2×10^{-4}	2331.5 - 28927.3	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^1G$	4 - 4
[Fe VII]	5158	99	5.3×10^{-2}	1051.5 - 20430.1	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^3P$	3 - 1
[Fe VII]	5721	99	2.9×10^{-4}	2331.5 - 17475.5	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^1D$	2 - 2
[Fe VII]	6087	99	4.3×10^{-4}	1051.5 - 17475.5	$3p^6 3d^2 - 3p^6 3d^2$	$^3F - ^1D$	3 - 2

¹<https://physics.nist.gov/asd>

[22] [64] [27] [44] [32] [39] [41] [25] [48] [14] [30] [58] [57] [33] [36] [29] [68] [62] [51] [26] [67]
[4] [18] [59] [9] [23] [50] [19] [35] [43] [40] [24] [56] [47] [52] [21] [20] [2] [5] [28] [37] [55] [10]
[49] [65] [31] [7] [12] [8] [60] [63] [11] [42] [66] [46] [15] [69] [61] [34] [19] [1] [13] [53] [3] [17]
[16] [54] [6] [45] [38]

Bibliografía

- [1] ABAZAJIAN, Kevork ; ADELMAN-McCARTHY, Jennifer K. ; AGÜEROS, Marcel A. ; ALLAM, Sahar S. ; ANDERSON, Scott F. ; ANNIS, James ; BAHCALL, Neta A. ; BALDRY, Ivan K. ; BASTIAN, Steven ; BERLIND, Andreas [u. a.]: The first data release of the sloan digital sky survey. En: *The Astronomical Journal* 126 (2003), Nr. 4, p. 2081
- [2] ABOLFATHI, Bela ; AGUADO, DS ; AGUILAR, Gabriela ; PRIETO, Carlos A. ; ALMEIDA, Andres ; ANANNA, Tonima T. ; ANDERS, Friedrich ; ANDERSON, Scott F. ; ANDREWS, Brett H. ; ANGUIANO, Borja [u. a.]: The fourteenth data release of the Sloan Digital Sky Survey: first spectroscopic data from the extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey and from the second phase of the Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment. En: *The Astrophysical Journal Supplement Series* 235 (2018), Nr. 2, p. 42
- [3] ALLOIN, Danielle M. ; BICA, Eduardo Luiz D. ; BONATTO, Charles J. ; PRUGNIEL, Philippe: ESO 138 G1: a high excitation Seyfert 2 nucleus in a low luminosity early-type galaxy. En: *Astronomy and Astrophysics. Berlin. Vol. 266, no. 1 (Dec. 1992)*, p. 117-126 (1992)
- [4] ANTONUCCI, Robert: Unified models for active galactic nuclei and quasars. En: *Annual review of astronomy and astrophysics* 31 (1993), p. 473–521
- [5] BALDWIN, Jack A. ; PHILLIPS, Mark M. ; TERLEVICH, Roberto: CLASSIFICATION PARAMETERS FOR THE EMISSION-LINE SPECTRA OF EXTRAGALACTIC OBJECTS. En: *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 93 (1981), Nr. 551, p. 5
- [6] BARRERA-BALLESTEROS, Jorge K. ; HECKMAN, Timothy M. ; ZHU, Guangtun B. ; ZAKAMSKA, Nadia L. ; SÁNCHEZ, Sebastian F. ; LAW, David ; WAKE, David ; GREEN, Jenny E. ; BIZYAEBV, Dmitry ; ORAVETZ, Daniel [u. a.]: Do galaxy global relationships emerge from local ones? The SDSS IV MaNGA surface mass density–metallicity relation. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 463 (2016), Nr. 3, p. 2513–2522
- [7] BARTH, Aaron J. ; BENTZ, Misty C. ; GREENE, Jenny E. ; HO, Luis C.: An offset Seyfert 2 nucleus in the minor merger system NGC 3341. En: *The Astrophysical Journal Letters* 683 (2008), Nr. 2, p. L119

-
- [8] BERRINGTON, KA ; NAKAZAKI, S ; NORRINGTON, PH: Atomic data from the IRON Project-XLI. Electron excitation rates among the 3d2 fine-structure levels of Ca-like Fe VII. En: *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* 142 (2000), Nr. 2, p. 313–316
- [9] CARDONA, Giovanni ; PORTILLA, José G.: Líneas prohibidas de alta ionización en una muestra de cuásares. En: *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39 (2015), Nr. 152, p. 321–327
- [10] CHILINGARIAN, Igor V. ; MELCHIOR, Anne-Laure ; ZOLOTUKHIN, Ivan Y.: Analytical approximations of K-corrections in optical and near-infrared bands. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 405 (2010), Nr. 3, p. 1409–1420
- [11] DE BRUYN, AG ; WILSON, AS: A 1415 MHz survey of Seyfert and related galaxies. En: *Astronomy and Astrophysics* 53 (1976), p. 93
- [12] DERE, KP ; LANDI, E ; MASON, HE ; FOSSI, BC M. ; YOUNG, PR: CHIANTI-an atomic database for emission lines-I. Wavelengths greater than 50 Å. En: *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* 125 (1997), Nr. 1, p. 149–173
- [13] EMERSON, David: *Interpreting astronomical spectra*. John Wiley & Sons, 1996
- [14] ERWIN, Peter ; SPARKE, Linda S.: Double bars, inner disks, and nuclear rings in early-type disk galaxies. En: *The Astronomical Journal* 124 (2002), Nr. 1, p. 65
- [15] FERGUSON, Jason W. ; KORISTA, Kirk T. ; FERLAND, Gary J.: Physical conditions of the coronal line region in Seyfert galaxies. En: *The Astrophysical Journal Supplement Series* 110 (1997), Nr. 2, p. 287
- [16] FERNANDES, R C. ; STASIŃSKA, G ; SCHLICKMANN, MS ; MATEUS, A ; ASARI, N V. ; SCHOENELL, W ; SODRÉ JR, L ; COLLABORATION), SEAGal: Alternative diagnostic diagrams and the ‘forgotten’ population of weak line galaxies in the SDSS. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 403 (2010), Nr. 2, p. 1036–1053
- [17] FOSBURY, RAE ; SANSOM, Anne E.: The high-ionization optical spectrum of the Seyfert galaxy Tololo 0109–383. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 204 (1983), Nr. 4, p. 1231–1236
- [18] FUKUGITA, M ; SHIMASAKU, K ; ICHIKAWA, T: Galaxy colors in various photometric band systems. En: *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 107 (1995), Nr. 716, p. 945
- [19] GELBORD, Jonathan M. ; MULLANEY, James R. ; WARD, Martin J.: AGN with strong forbidden high-ionization lines selected from the Sloan Digital Sky Survey. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 397 (2009), Nr. 1, p. 172–189

- [20] GUNN, James E. ; SIEGMUND, Walter A. ; MANNERY, Edward J. ; OWEN, Russell E. ; HULL, Charles L. ; LEGER, R F. ; CAREY, Larry N. ; KNAPP, Gillian R. ; YORK, Donald G. ; BOROSKI, William N. [u. a.]: The 2.5 m telescope of the sloan digital sky survey. En: *The Astronomical Journal* 131 (2006), Nr. 4, p. 2332
- [21] GUNN, JE ; CARR, M ; ROCKOSI, C ; SEKIGUCHI, M ; BERRY, K ; ELMS, B ; DE HAAS, E ; IVEZIĆ, Ž ; KNAPP, G ; LUPTON, R [u. a.]: The Sloan digital sky survey photometric camera. En: *The Astronomical Journal* 116 (1998), Nr. 6, p. 3040
- [22] HECKMAN, Timothy M.: An optical and radio survey of the nuclei of bright galaxies-Activity in normal galactic nuclei. En: *Astronomy and Astrophysics* 87 (1980), p. 152–164
- [23] HIGUERA GARZÓN, Mario A. [u. a.]: *Intensa formación estelar en núcleos activos de galaxias, trazada por emisión de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y análisis del toroide como región en donde toma lugar esta actividad estelar/Burst of star formation in active galactic nuclei traced by the polycyclic aromatic hydrocarbon emission and analysis of the torus region as a likely place of this stellar activity*, Universidad Nacional de Colombia, Tesis de Grado
- [24] KAUFFMANN, Guinevere ; HECKMAN, Timothy M. ; TREMONTI, Christy ; BRINCHMANN, Jarle ; CHARLOT, Stéphane ; WHITE, Simon D. ; RIDGWAY, Susan E. ; BRINKMANN, Jon ; FUKUGITA, Masataka ; HALL, Patrick B. [u. a.]: The host galaxies of active galactic nuclei. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 346 (2003), Nr. 4, p. 1055–1077
- [25] KEENAN, FP ; NORRINGTON, PH: Relative populations for levels in the 3d2 ground configuration of Fe VII. En: *The Astrophysical Journal* 368 (1991), p. 486–490
- [26] KEMBHAVI, Ajit K. ; NARLIKAR, Jayant V.: *Quasars and active galactic nuclei: an introduction*. Cambridge University Press, 1999
- [27] KEWLEY, Lisa J. ; DOPITA, MA ; SUTHERLAND, RS ; HEISLER, CA ; TREVENA, J: Theoretical modeling of starburst galaxies. En: *The Astrophysical Journal* 556 (2001), Nr. 1, p. 121
- [28] KEWLEY, Lisa J. ; GROVES, Brent ; KAUFFMANN, Guinevere ; HECKMAN, Tim: The host galaxies and classification of active galactic nuclei. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 372 (2006), Nr. 3, p. 961–976
- [29] KHACHIKIAN, E Y. ; WEEDMAN, Daniel W.: An atlas of Seyfert galaxies. En: *The Astrophysical Journal* 192 (1974), p. 581–589

- [30] KITCHIN, Chris: Origin and Evolution of AGNs. En: *Galaxies in Turmoil: The Active and Starburst Galaxies and the Black Holes That Drive Them* (2007), p. 193–207
- [31] KOMOSSA, Stefanie ; VOGES, Wolfgang ; XU, Dawei ; MATHUR, Smita ; ADORF, Hans-Martin ; LEMSON, Gerard ; DUSCHL, Wolfgang J. ; GRUPE, Dirk: Radio-loud narrow-line type 1 quasars. En: *The Astronomical Journal* 132 (2006), Nr. 2, p. 531
- [32] KOSKI, Alan T.: Spectrophotometry of Seyfert 2 galaxies and narrow-line radio galaxies. En: *The Astrophysical Journal* 223 (1978), p. 56–73
- [33] KROLIK, Julian H.: *Active galactic nuclei: from the central black hole to the galactic environment*. Princeton University Press, 1999
- [34] LYNDEN-BELL, Donald: Galactic nuclei as collapsed old quasars. En: *Nature* 223 (1969), Nr. 5207, p. 690–694
- [35] MAZZALAY, Ximena ; RODRÍGUEZ-ARDILA, Alberto ; KOMOSSA, S: Demystifying the coronal-line region of active galactic nuclei: spatially resolved spectroscopy with the Hubble Space Telescope. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 405 (2010), Nr. 2, p. 1315–1338
- [36] MO, Houjun ; VAN DEN BOSCH, Frank ; WHITE, Simon: *Galaxy formation and evolution*. Cambridge University Press, 2010
- [37] MULCHAEY, John S. ; KORATKAR, Anuradha ; WARD, Martin J. ; WILSON, Andrew S. ; WHITTLE, Mark ; ANTONUCCI, Robert R. ; KINNEY, Anne L. ; HURT, Todd: Multiwavelength tests of the dusty torus model for Seyfert galaxies. En: *The Astrophysical Journal* 436 (1994), p. 586–598
- [38] MÜLLER-SÁNCHEZ, F ; PRIETO, MA ; HICKS, EKS ; VIVES-ARIAS, H ; DAVIES, RI ; MALKAN, M ; TACCONI, LJ ; GENZEL, R: Outflows from active galactic nuclei: kinematics of the narrow-line and coronal-line regions in Seyfert galaxies. En: *The Astrophysical Journal* 739 (2011), Nr. 2, p. 69
- [39] MURAYAMA, Takashi ; TANIGUCHI, Yoshiaki: Where is the coronal line region in active galactic nuclei? En: *The Astrophysical Journal Letters* 497 (1998), Nr. 1, p. L9
- [40] NAGAO, Tohru ; TANIGUCHI, Yoshiaki ; MURAYAMA, Takashi: High-ionization nuclear emission-line region of Seyfert galaxies. En: *The Astronomical Journal* 119 (2000), Nr. 6, p. 2605
- [41] NUSSBAUMER, H ; STOREY, PJ ; STOREY, PJ: Forbidden emission lines of Fe VII. En: *Astronomy and Astrophysics* 113 (1982), p. 21–26

- [42] OKE, JB ; LAUER, TR: An analysis of the spectra of the Seyfert galaxies Markarian 79 and I ZW 1. En: *The Astrophysical Journal* 230 (1979), p. 360–372
- [43] OLIVA, E ; ORIGLIA, L ; KOTILAINEN, JK ; MOORWOOD, AFM: Red supergiants as starburst tracers in galactic nuclei. En: *Astronomy and Astrophysics* 301 (1995), p. 55
- [44] OSTERBROCK, Donald E.: Spectrophotometry of Seyfert 1 galaxies. En: *The Astrophysical Journal* 215 (1977), p. 733–745
- [45] OSTERBROCK, DONALD E.: MARKARIAN 1388-A HIGH-IONIZATION NARROW-LINE SEYFERT GALAXY. En: *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 97 (1985), Nr. 587, p. 25
- [46] OSTERBROCK, Donald E. ; FERLAND, Gary J.: *Astrophysics Of Gas Nebulae and Active Galactic Nuclei*. University science books, 2006
- [47] PENSTON, MV ; FOSBURY, RAE ; BOKSENBERG, A ; WARD, MJ ; WILSON, AS: The Fe9+ region in active galactic nuclei. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 208 (1984), Nr. 2, p. 347–364
- [48] PETERSON, Bradley M.: *An introduction to active galactic nuclei*. Cambridge University Press, 1997
- [49] POGGE, RW ; OWEN, JM. *LINER: An Interactive Spectral Line Analysis Program, OSU Int.* 1993
- [50] PORTILLA, B ; GREGORIO, José [u. a.]: *La región de líneas coronales en galaxias Seyfert 1 y Seyfert 2*, Universidad Nacional de Colombia, Tesis de Grado, 2011
- [51] RODRÍGUEZ, Vera ; CAMILO, Rafael J. [u. a.]: *Continuo ionizante en galaxias Seyfert con emisión de líneas coronales*, Universidad Nacional de Colombia, Tesis de Grado
- [52] RODRÍGUEZ-ARDILA, Alberto ; PRIETO, M A. ; VIEGAS, Sueli ; GRUENWALD, Ruth: Outflows of very ionized gas in the centers of seyfert galaxies: kinematics and physical conditions. En: *The Astrophysical Journal* 653 (2006), Nr. 2, p. 1098
- [53] ROSE, Marvin ; TADHUNTER, CN ; HOLT, Joanna ; RAMOS ALMEIDA, C ; LITTLEFAIR, SP: The forbidden high-ionization-line region of the type 2 quasar SDSS J11311. 05+162739.5: a clear view of the inner face of the torus? En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 414 (2011), Nr. 4, p. 3360–3380
- [54] SÁNCHEZ, SF ; AVILA-REESE, V ; HERNANDEZ-TOLEDO, H ; CORTES-SUÁREZ, E ; RODRIGUEZ-PUEBLA, A ; IBARRA-MEDEL, H ; CANO-DIAZ, M ; BARRERA-BALLESTEROS, JK ; NEGRETE, CA ; CALETTE, AR [u. a.]: SSDSS IV MaNGA-Properties of AGN host galaxies. En: *arXiv preprint arXiv:1709.05438* (2017)

- [55] SCHLEGEL, David J. ; FINKBEINER, Douglas P. ; DAVIS, Marc: Maps of dust infrared emission for use in estimation of reddening and cosmic microwave background radiation foregrounds. En: *The Astrophysical Journal* 500 (1998), Nr. 2, p. 525
- [56] SCHMITT, Henrique R. ; STORCHI-BERGMANN, Thaisa ; FERNANDES JR, Roberto C.: Spectral synthesis of the nuclear regions of Seyfert 2 and radio galaxies. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 303 (1999), Nr. 1, p. 173–178
- [57] SEYFERT, Carl K.: Nuclear Emission in Spiral Nebulae. En: *The Astrophysical Journal* 97 (1943), p. 28
- [58] SHUDER, JM ; OSTERBROCK, DE: Empirical results from a study of active galactic nuclei. En: *The Astrophysical Journal* 250 (1981), p. 55–65
- [59] STRATEVA, Iskra ; IVEZIĆ, Željko ; KNAPP, Gillian R. ; NARAYANAN, Vijay K. ; STRAUSS, Michael A. ; GUNN, James E. ; LUPTON, Robert H. ; SCHLEGEL, David ; BAHCALL, Neta A. ; BRINKMANN, Jon [u. a.]: Color separation of galaxy types in the Sloan Digital Sky Survey imaging data. En: *The Astronomical Journal* 122 (2001), Nr. 4, p. 1861
- [60] TAYAL, SS ; ZATSARINNY, O: Effective collision strengths for electron-impact excitation of Fe VIII. En: *The Astrophysical Journal* 743 (2011), Nr. 2, p. 206
- [61] VAONA, L ; CIROI, S ; DI MILLE, F ; CRACCO, V ; LA MURA, G ; RAFANELLI, P: Spectral properties of the narrow-line region in Seyfert galaxies selected from the SDSS-DR7. En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 427 (2012), Nr. 2, p. 1266–1283
- [62] VÉRON, P ; VERON, MP ; ZUIDERWIJK, EJ: NGC 4507-A weak Seyfert 1 and X-ray galaxy. En: *Astronomy and Astrophysics* 102 (1981), p. 116–118
- [63] VÉRON-CETTY, M-P ; JOLY, Monique ; VÉRON, P: The unusual emission line spectrum of I Zw 1. En: *Astronomy & Astrophysics* 417 (2004), Nr. 2, p. 515–525
- [64] VÉRON-CETTY, M-P ; VÉRON, Philippe: A catalogue of quasars and active nuclei. En: *Astronomy & Astrophysics* 518 (2010), p. A10
- [65] WANG, Tinggui ; BRINKMANN, Wolfgang ; BERGERON, Jaqueline: X-ray properties of active galactic nuclei with optical FeII emission. En: *Astronomy and Astrophysics* 309 (1996), p. 81–96
- [66] WILLIAMS, Rik J. ; POGGE, Richard W. ; MATHUR, Smita: Narrow-line Seyfert 1 galaxies from the Sloan Digital Sky Survey early data release. En: *The Astronomical Journal* 124 (2002), Nr. 6, p. 3042

-
- [67] WOLTJER, L ; BLANDFORD, RD ; NETZER, H ; WOLTJER, L: Active Galactic Nuclei. En: *Swiss Society for Astrophysics* (1990), p. 1
- [68] WOLTJER, Lodewijk: Emission Nuclei in Galaxies. En: *The Astrophysical Journal* 130 (1959), p. 38
- [69] YORK, Donald G. ; ADELMAN, J ; ANDERSON JR, John E. ; ANDERSON, Scott F. ; ANNIS, James ; BAHCALL, Neta A. ; BAKKEN, JA ; BARKHOUSER, Robert ; BASTIAN, Steven ; BERMAN, Eileen [u. a.]: The sloan digital sky survey: Technical summary. En: *The Astronomical Journal* 120 (2000), Nr. 3, p. 1579