

## PRESENTACIÓN MURAL

### Diferenciación de Galaxias Activas de Líneas Delgadas a Partir de Diagramas BPT

J. Torres<sup>1,3</sup>, J. G. Portilla<sup>2</sup>

(1) Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia

(2) Observatorio Astronómico Nacional de Colombia

(3) IALP, CONICET-UNLP

**Abstract.** Classification of active galaxies is made through careful analysis of their spectra, either by measuring the width of the emission lines or comparing the flux ratios between these lines. One of the best known methods for this process is the use of BPT (Baldwin, Phillips, & Terlevich) diagrams which allow the distinction of different types of active galaxies. In this article we present the study of a sample of active galaxies with thin lines taken from the SDSS (Sloan Digital Sky Survey) whose flux ratios were measured and diagnostic diagrams were constructed, thus allowing the differentiation between starburst (or H II) galaxies and authentic type 2 active galactic nuclei (AGNs). We show that there are some objects with similar spectra that have been misclassified.

**Resumen.** La clasificación de galaxias activas se realiza a través del análisis cuidadoso de sus espectros, bien sea midiendo los anchos de las líneas de emisión o comparando las razones de flujo entre dichas líneas. Uno de los métodos más conocidos para realizar este proceso es la elaboración de diagramas de diagnóstico BPT (Baldwin, Philips y Terlevich), los cuales permiten distinguir los diferentes tipos de galaxias activas en estudio. En este trabajo presentamos el estudio de una muestra de galaxias activas de líneas delgadas tomadas del SDSS (Sloan Digital Sky Survey), en donde se midieron razones de flujos y se elaboraron diagramas de diagnóstico que permitieron diferenciar claramente las galaxias de tipo *starburst* (o H II) de los núcleos activos de galaxias (AGNs) auténticos de tipo 2, demostrando que existen algunos objetos con similitudes espectrales que han sido mal clasificados.

## 1. Introducción

Los núcleos activos de galaxias (AGNs) son zonas ubicadas en las regiones nucleares de algunas galaxias que presentan espectros con continuos más o menos planos, combinados con líneas de emisión permitidas y prohibidas y con anchos relativamente grandes (Osterbrock & Ferland 2006). Se cree que son la manifestación activa de la existencia de un agujero negro super-masivo que acreta material gaseoso. Dicho gas pierde energía potencial gravitacional, la cual es liberada en forma de energía radiante que fotoioniza los gases que van desde

la zona próxima al agujero hasta distancias próximas a los kiloparsecs. Esta fotoionización es la causante de la emisión de líneas que permiten analizar las condiciones físicas tanto del AGN como de la galaxia huésped.

## 2. Taxonomía de AGNs

Se han podido establecer diferencias existentes entre diversos tipos de AGNs que están relacionadas con las características de sus espectros de emisión, pues en algunos casos se evidencia la existencia de líneas de emisión con combinación de líneas con bases anchas y líneas delgadas y en otras sólo se presentan líneas delgadas. De esta forma, los AGNs pueden dividirse en dos tipos: los que tienen líneas tanto permitidas como prohibidas estrechas ( $FWHM < 1000$  km/s, líneas de especies tales como H, He, FeII, MgII, CIV) y los que tienen líneas permitidas anchas ( $FWHM > 1000$  km/s). Los primeros se clasifican como objetos de tipo 2 y los segundos de tipo 1.

## 3. Diagramas BPT

En 1981, Baldwin, Philips y Terlevich presentaron una serie de diagramas de diagnóstico (diagramas BPT) que involucraban cocientes de intensidades de líneas de emisión relativamente fuertes. Estos diagramas fueron posteriormente estudiados en detalle por Veilleux & Osterbrock (1987) quienes derivaron una clasificación semiempírica para distinguir galaxias con formación estelar de las que poseen núcleos activos, proponiendo una separación de AGNs a través de una línea de división obtenida a partir de una muestra importante de ANGs.

Las diversas regiones situadas en los diagramas BPT (Fig. 1(a)) permiten diferenciar los grupos de galaxias activas a partir de su nivel de ionización, como es el caso de la diferencia existente entre la ionización proveniente de un brote de formación estelar y la proveniente de un núcleo activo.

## 4. La Muestra

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto acerca de la similitud de algunos espectros de galaxias activas de diferente tipo, se puede establecer que aunque existen galaxias activas con características espectrales similares, su emisión es el producto de fenómenos totalmente diferentes. Sin embargo, en algunos catálogos como el de Véron-Cetty & Véron (2006), existen algunas galaxias que se clasifican como Seyfert 2 (o LINERS) por la forma de su espectro pero que en realidad se tratan de galaxias activas como Starburst o regiones HII. Es por eso que se realizó un estudio de los espectros de algunas galaxias activas, con el fin de establecer su clasificación y así poder corroborar o refutar la clasificación hecha dentro del catálogo Véron-Cetty & Véron (2006).

De esta forma se obtuvo una lista de galaxias del catálogo Veron Cetty & Veron clasificadas como Seyfert 2. Posteriormente se buscaron sus espectros en la base de datos del SDSS (Sloan Digital Sky Survey) encontrando sólo 860 disponibles. De estos espectros se trabajó sólo con aquellos que presentaban continuos con líneas de emisión delgadas, resultando una muestra de 312 galaxias.

Se procedió a medir los flujos integrados de las líneas de emisión propuestas en el trabajo de Veilleux & Osterbrock (1987), tales como de la serie Balmer del hidrógeno o nebulares del tipo [O III].

El proceso al que fue sometido cada uno de los objetos que integran la muestra se explica a continuación:

Con ayuda del programa IRAF los espectros fueron corregidos por extinción galáctica y expansión cosmológica, fueron calibrados por longitud de onda y transformados a un formato *.fits*. Finalmente con ayuda del programa LINER se calcularon los flujos integrados de las líneas H $\beta$  4863, [OIII] 5007, [OI] 6300, H $\alpha$  6563 y [NII] 6584, para lo cual se tuvo en cuenta un perfil de tipo gaussiano. Con los datos obtenidos se calcularon las razones de flujo necesarias para elaborar un diagrama de tipo BPT.

## 5. Resultados

Con los valores de las razones de flujos se procedió a realizar un diagrama BPT (Fig. 1(b)), para establecer las regiones en las que se sitúan los puntos observacionales correspondientes a cada uno de los objetos que integran la muestra.

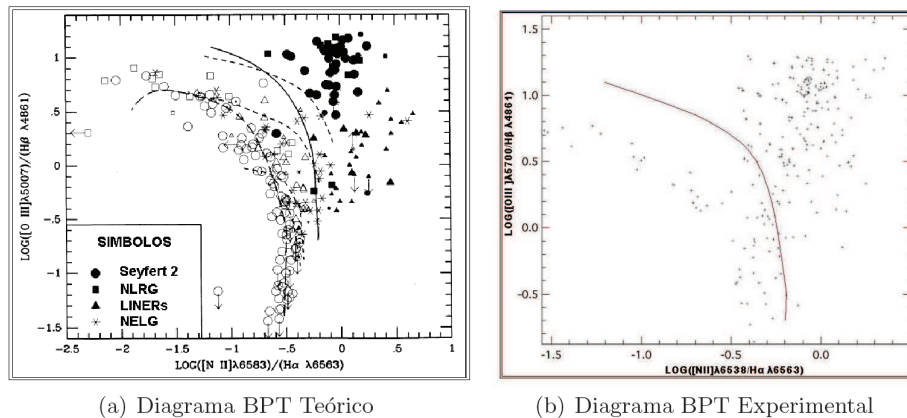


Figura 1. (a) Diagrama BPT establecido por Veilleux y Osterbrock en 1987 para clasificar galaxias activas según la fenomenología de su ionización y (b) Diagrama BPT elaborado para la muestra de las 312 galaxias analizadas

En este diagrama se puede observar que de las 312 galaxias estudiadas, 44 se ubican en la zona correspondiente a galaxias activas producto de brotes de formación estelar como Starburst (o H II) (Tabla 1.) según la distribución y clasificación del diagrama de diagnóstico establecido en el apartado anterior.

De los 44 objetos analizados, 11 aparecen clasificados como HII por Véron-Cetty & Véron, lo cual concuerda con el estudio realizado por Veilleux y Osterbrock en 1987.

Sin embargo, los objetos Q1603+3749, Q1116+4755, Q1409+3751, 3C198.0, Q1221+4753, Q1151+4641, Q1245+4643, Q1341+4748 y WGAJ 0820.1+3728,

Tabla 1. Posibles galaxias Starburst (o HII) encontradas dentro de la muestra de galaxias activas analizada.

POSIBLES GALAXIAS STARBURST (o HII)		
Q1603+3749	KUG1210+379	Q1116+4755
MARK1047	MARK1055	NPM1G-01.0451
SBS0934+546	CG782	Q1624+4628
SDSSJ09599+0302	MS10588+1003	SDSSJ14312+0210
CG922	ASV1	Q1345.8+2639
Q1245+4643	MARK816	NPM1G+44.0343
Q1208+3759	Q1221+4753	MARK1103
SDSSJ02509+0022	SDSSJ01537+0011	CRSS1429.0+0120
SBS1438+594	FIRSTJ1331+4146	3C198.0
CG430	SDSSJ2122+0004	SBS0911+472
MARK483	Q1341+4748	SDSSJ08472+5114
Q1409+3751	Q1316+4750	2MASSJ00414+1343
1WGA J0820.1+3728	MARK469	Q1151+4641
SDSSJ08321+4902	MARK1102	UM653
E1225+317	RASF12295+1413	—

están sin clasificar. Los objetos ASV1, Q1345.8+2639 y NPM1G+44.0343, aparecen como Seyfert sin clasificar. Los objetos CG922, MARK1102, CG430, CG782, MARK1103, 2MASSJ00414+1343 y IRASF12295+1413, están clasificados como Seyfert 2.

El objeto MS10588+1003, aparece clasificado como Seyfert 1.9. Y el objeto FIRSTJ1331+4146 se clasifica como posible Seyfert. Los objetos SBS1438+594, SDSSJ02509+0022, SDSSJ09599+0302, SDSSJ01537+0011, SDSSJ08472+5114, SDSSJ14312+0210 y SDSSJ08321+4902 están clasificados como LINERs.

Según los resultados de esta investigación, estos objetos han sido mal clasificados en el catálogo, tal vez porque su distinción se hizo a partir de la morfología espectral o porque la orientación de estas galaxias no es la más apropiada para un análisis espectroscópico. De esta manera de los 312 objetos estudiados el 9.29% presenta una clasificación incorrecta, lo que corresponde a un total de 29 objetos. Esta forma de discriminar los objetos es una opción complementaria a la de simplemente medir los anchos de las líneas. Por lo tanto se puede hacer uso de éste tipo de herramientas para evitar caer en los porcentajes de error de clasificación de algunos catálogos como es el caso del Veron Cetty & Veron, el cual según los resultados de ésta investigación maneja una clasificación errónea alrededor del 10%.

## Referencias

- Baldwin J. A., Phillips M. M., Terlevich R., 1981, PASP, 93, 5  
 Véron-Cetty, M.-P., Véron P., 2006, A catalogue of quasars and active nuclei: 12th edition, Astronomy and Astrophysics, Volume 455, Issue 2, August IV 2006, pp.773-777  
 Osterbrock D., Ferland G. J., 2006, Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei, University Science Books, Sausalito.