

QSO COMPOSICIÓN ESPECTRAL Y ESPECTRO MEDIO DE CUÁSARES EN SDSS QSO SPECTRAL COMPOSITION AND MEAN SPECTRUM OF QUASARS IN SDSS

EVANZ LÁZARO^{1,a†} & PAÚL RODRÍGUEZ^{2,b}

¹ Universidad Internacional de Valencia

² Department of Earth and Environmental Sciences, University of Kentucky

(Recibido 29 de julio de 2024; aceptado 28 de noviembre de 2024)

<https://doi.org/10.53287/gyux9026yt98f>

RESUMEN

Empleando un total de 750 414 cuásares del catálogo: Data Release 16 Quasar (DR16Q) del proyecto Sloan Digital Sky Survey (SDSS), se compuso un espectro medio para cuásares con corrimiento al rojo cosmológico (z , redshift) entre 0.01 y 5.3. La muestra total se dividió en 8 intervalos de z y se obtuvo una mejor relación señal/ ruido (S/N) que estudios similares anteriores. El proceso de Composición Espectral es una técnica esencial para el análisis de cuásares y una de las de mayor precisión en la estimación de sus propiedades físicas como el ancho equivalente (EW, equivalent width), forma de líneas de emisión, luminosidad (L), masas de agujeros negros (MBH, black hole mass) y precisar relaciones entre propiedades físicas como el efecto Baldwin (BE, Baldwin effect). A la fecha, es el espectro medio compuesto con la mayor cantidad de cuásares, alcanzando una máxima relación S/N de 1 418 por pixel a 2 367 Å. Se ha logrado identificar el efecto de Gunn-Peterson en longitudes de onda menor a Ly y también se ha conseguido una imagen espectral para longitudes de onda menores al límite de Lyman (912 Å) hasta 516 Å.

Palabras clave: Cuásares: líneas de emisión – Galaxias: AGN agujero negro – Composición espectral – Cuásares: redshift

ABSTRACT

Using a total of 750 414 quasars from the Sloan Digital Sky Survey Data Release 16 quasar catalog (DR16Q), a mean spectrum for quasars with cosmological redshift (z , redshift) between 0.01 and 5.3 was composed. The total sample was divided into 8 z intervals which provided a better signal-to-noise ratio (S/N) than obtained in previous similar studies. The Spectral Composition process is an essential technique for the analysis of quasars and one of the most accurate in the estimation of their physical properties, such as, equivalent width (EW), emission line shape, luminosity (L), black hole mass (MBH), as well as, to determine relationships between physical properties such as the Baldwin effect (BE). To date, it is the mean composite spectrum with the largest number of quasars, reaching a maximum S/N ratio of 1 418 per pixel at 2 367 Å. It has been possible to identify the Gunn-Peterson effect at wavelengths shorter than Ly and a spectral image has also been obtained for wavelengths shorter than the Lyman limit (912 Å) up to 516 Å.

Subject headings: Quasars: emission lines – Galaxies: AGN black hole – Spectral composition – Quasars: redshift

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los tipos de galaxias más luminosos son los cuásares o QSO (del inglés *quasi-stellar object*) caracterizados por la presencia de agujeros negros supermasivos en su núcleo, con masas entre $10^4 - 10^{10} M_{\odot}$ (masas solares) (Beckmann & Shrader 2012), y estos dan lugar a fenómenos de altas emisiones de energía

alimentados por la gran cantidad de materia que absorben del disco de acreción que los rodea (Kormendy & Richstone 1995). Estos procesos generan líneas de emisión asociadas a diferentes rangos de ionización, por ejemplo; en el óptico se suelen caracterizar líneas de alta ionización como el [NeV] $\lambda 3426$ Å, [FeVII] $\lambda 5721$ Å, [FeX] $\lambda 6375$ Å, provenientes de fuentes ionizantes del núcleo galáctico y su interacción con el disco de acreción (Rakshit et al. 2020). El conjunto de líneas de emisión a lo largo de las longitu-

^a<https://orcid.org/0009-0007-3877-0560>

^b<https://orcid.org/0000-0001-6919-4673>

[†]Email: lazaro.evanzv@gmail.com

des de onda, componen el espectro de un QSO. El análisis del continuo de los espectros y las líneas de emisión, pueden proporcionar información sobre los núcleos de galaxias, por ejemplo, la luminosidad de la línea del [O III] λ 5007Å puede utilizarse como indicador de cuan intensa es su actividad, definiendo así una AGN (del inglés *active galactic nucleus*).

Por la expansión del universo, todos los espectros de cuásares sufren un desplazamiento de sus longitudes de onda hacia el rojo, este fenómeno es denominado corrimiento al rojo cosmológico (redshift). Galaxias anfitrionas de AGNs de alta luminosidad tienen edades estelares medias mucho más jóvenes, que galaxias anfitrionas de AGNs de baja luminosidad (Kauffmann et al. 2003).

A pesar de la diversidad de cuásares, estos muestran similitudes entre ellos; efectivamente, cuando se considera un número grande de cuásares, resaltan propiedades espectrales comunes (Vanden Berk et al. 2001); sin embargo, también prevalecen diferencias espectrales fundamentales como la anchura a media altura FWHM; por ejemplo, la línea H β (Shen & Ho 2014), que se diferencia de cuásar a cuásar y que, dígame de paso, permite estimar la M_{MBH} que es una propiedad importante de los cuásares.

Los estudios de propiedades espectrales están basados en la técnica de composición espectral cuya finalidad es construir un espectro medio representativo de la muestra. Cuando la muestra es grande, los espectros compuestos logran conseguir altas relaciones señal/ruido (S/N) (Jensen et al. 2016), lo que permite identificar líneas de emisión que no se podrían identificar en espectros individuales (Harris et al. 2016).

En 1977 Jack A. Baldwin (Baldwin 1977), calcula el primer espectro compuesto con una muestra de 20 cuásares con redshift en el rango $z : [1.24 - 3.53]$ y encuentra una relación entre dos propiedades de las líneas de emisión de un cuásar: la luminosidad y el ancho equivalente (EW). Esta relación mostraba una anticorrelación entre la luminosidad continua a 1450Å y el EW de las líneas de emisión del C IV λ 1550Å, dicha dependencia se conoce como efecto de Baldwin (BE), Jensen et al. (2016).

Posteriormente se publicaron trabajos de espectros compuestos con centenares de cuásares como el de Francis et al. (1991) de 718 muestras obtenidos del estudio Large Bright Quasar Survey, que les permitió identificar y caracterizar emisiones débiles del perfil de línea de Fe II en el ultravioleta (UV). El trabajo de Brotherton et al. (2001) que utilizó 657 espectros de cuásares con fuertes emisiones de radio e introduce la modalidad de composiciones espectrales a partir de subconjuntos de la muestra total, clasificados en cuásares radio-intensos (radio-load) y radio-silenciosos (radio-quiet), para estudiar las diferencias espectrales entre ambas poblaciones de cuásares.

Uno de los trabajos más conocidos y referente en espectros compuestos es el de Vanden Berk et al. (2001), que incluye 2200 espectros de cuásares y

crea espectros compuestos en el rango de redshift $0.044 \leq z \leq 4.789$. Logra identificar 80 características sobre las líneas de emisión, a la vez observa un desplazamiento relativo de las líneas de emisión respecto de la longitud de onda nominal de laboratorio. Es importante destacar de este trabajo la fuerte correlación entre el desplazamiento de los picos máximos de las líneas anchas (permitidas y semi-prohibidas) con la energía de ionización.

Trabajos posteriores como de Xu et al. (2008), Jensen et al. (2016), Harris et al. (2016), investigan sobre el parámetro principal e impulsor del BE. En la misma línea el trabajo de Bian et al. (2012) encuentra que para altos redshift existe una fuerte correlación entre el EW del C IV y la M_{BH} medido a partir del C IV.

Trabajos actuales como el de Jensen et al. (2016), consideran una gran cantidad de cuásares (175 294) que subdivididos en grupos menores en promedio de 58 656 cuásares, crean espectros compuestos de alta relación S/N para rangos de redshift entre $2.1 \leq z \leq 3.5$. Una extensión de este trabajo es el de Harris et al. (2016), con 102 150 espectros del estudio BOSS, donde crean espectros compuestos con muy alta relación S/N de 1000 por píxel, en el rango de [800–3300]Å. logrando identificar nueve líneas débiles que no se identificaron en trabajos previos.

En este trabajo se ha calculado el espectro medio con los cuásares del catálogo DR16Q, constituyéndose a la fecha, como uno de los espectros medios compuestos con la mayor cantidad de cuásares, alcanzando una máxima relación S/N de 1418 por píxel y una media S/N de 701 por píxel.

2. DATOS Y FLUJO DE TRABAJO

El cálculo de espectros medios requiere de una gran cantidad de espectros de cuásares y más aún de la disponibilidad de los mismos. Sloan Digital Sky Survey (SDSS) es un proyecto de investigación que compila la mayor colección de cuásares, publicados periódicamente como “data release” de libre accesibilidad en la red (Lyke et al. 2020). El formato de archivos (.fit) es el estándar para datos espectrales, existen librerías completas y códigos en diferentes plataformas para el tratamiento de estos datos, en este trabajo se utilizó MatLab R2022a.

Partimos de los datos del catálogo DR16Q que contiene un total de 1 440 615 observaciones de los cuales 750 414 son cuásares confirmados espectroscópicamente (Lyke et al. 2020). Cabe hacer notar que algunos de los cuásares tiene múltiples observaciones (espectros) debido a que el catálogo DR16Q contempla observaciones del proyecto BOSS (Baryon Oscillation Spectroscopic Survey). La muestra final que tomamos en este trabajo es de 830 740 espectros para 750 414 cuásares.

En la figura 1 podemos observar, la distribución de cuásares en función del redshift. Los sesgos que se observan en el histograma, se debe a que el número de cuásares aumentó significativamente en las últimas décadas además de la conjunción de las diferen-

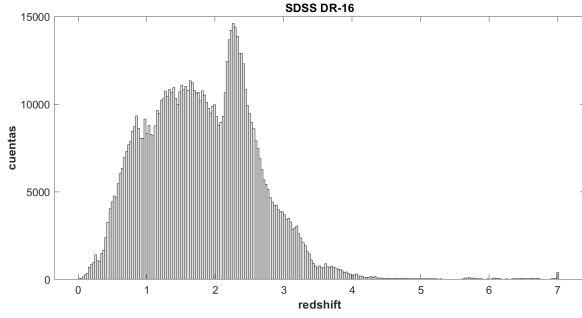


Fig. 1.— Histograma de cuásares por redshift para el catálogo DR16Q. La cobertura en redshift alcanza desde 0.04 hasta 7, siendo el rango de redshift entre 0.5 y 3.5 con la mayor concentración de cuásares. Los picos o sesgos que se observan en el histograma se deben a conjunciones posteriores de diferentes campañas de observación SDSS.

TABLA 1

En la tabla se muestra un resumen de la distribución del número de espectros por intervalos de redshift, correspondiente a cada catálogo DR16Q. En la última columna se muestra el número de espectros. El intervalo para redshift altos $z \geq 3.50$ contiene el menor número de cuásares.

Clasificación Espectros DR16Q		
No.Interv	Intervalo z	Observaciones
1	$z < 1.00$	144 501
2	$1.00 \leq z < 1.35$	110 930
3	$1.35 \leq z < 1.65$	107 678
4	$1.65 \leq z < 2.10$	151 028
5	$2.10 \leq z < 2.35$	107 429
6	$2.35 \leq z < 2.60$	87 066
7	$2.60 \leq z < 3.50$	106 464
8	$z \geq 3.50$	15 644

tes campañas de SDSS.

Para mantener cierto control de nuestro procedimiento, tomaremos la clasificación inicial del trabajo de Jensen et al. (2016), que hace una selección completa de cuásares en los intervalos $2.10 \leq z < 2.35$; $2.35 \leq z < 2.60$ y $2.60 \leq z < 3.50$. Aquí extendemos esta clasificación a ocho intervalos de redshift mostrados en el cuadro 1, donde además se muestra el número de observaciones por intervalo de redshift.

La figura 2 muestra la misma clasificación por intervalos de redshift de la tabla 1, pero ahora mostrando el rango de longitudes de onda cubierto por cada intervalo de redshift y distinguido por colores. En general la muestra completa tiene una cobertura entre 516Å y 9681Å.

En la misma figura, la forma que representa el redshift con la longitud de onda es el comportamiento de una función tipo inversa consecuencia de un proceso denominado *corrección por redshift* aplicado a los cuásares.

3. CÁLCULO DEL ESPECTRO MEDIO

Para la estimación del espectro medio se sigue la metodología empleada en Pérez-Ràfols et al. (2015), compilada en dos partes en este trabajo.

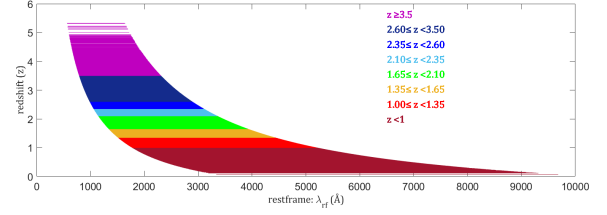


Fig. 2.— Representación gráfica de la clasificación de cuásares por intervalos de redshift de la tabla 1 y distinguido por colores. Cada intervalo de redshift cubre un rango de longitud de onda diferente la cual disminuye a medida que crece el redshift. Esta gráfica muestra además, que para intervalos de redshift contiguos existen rangos de longitud de onda comunes, sin embargo; no existe un solo rango de longitudes de onda que cubra todos los intervalos de redshift.

3.1. Procesamiento de Datos

El primer paso, conocido como corrección por redshift, consiste en llevar todos los espectros de cuásares a un mismo sistema de referencia de longitudes de onda denominado *sistema en reposo* (restframe), en este sistema las longitudes de onda λ_{rf} se relacionan con las observadas λ_{obs} por:

$$\lambda_{rf} = \frac{\lambda_{obs}}{1+z}, \quad (1)$$

Posteriormente, en el sistema en reposo se selecciona una nueva escala de longitudes de onda común donde todos los espectros son re-muestreados. Esta nueva escala puede entenderse como un arreglo lineal de celdas (bin) de 1Å de ancho, preservando el mismo ancho de bin de los espectros originales. Cada bin en la nueva escala será llenada con valores de la densidad de flujo de los espectros que contribuyan a cada bin.

El segundo paso consiste en normalizar cada espectro j mediante el coeficiente de normalización n_j . El objetivo de normalizar espectros es el de homogeneizar la intensidad media de los distintos cuásares, que varía en función de su brillo aparente.

Matemáticamente, el coeficiente de normalización esta definido como el valor medio del flujo del espectro j en un intervalo de longitud de onda (intervalo de normalización).

$$n_j = \frac{\sum_i f_{ij}}{N_j}, \quad (2)$$

donde f_{ij} es el valor del flujo en el i -ésimo píxel del espectro j con longitudes de onda λ_{ij} en el intervalo considerado y N_j es el número de píxeles en el mismo intervalo.

Si dividimos un espectro por su coeficiente de normalización obtendremos el continuo del espectro normalizado a la unidad en el intervalo definido.

Sobre el mismo intervalo de normalización, para cada espectro j , se calcula el parámetro s_j que es el valor medio de la relación señal/ruido, esto es:

$$s_j = \frac{\sum_i f_{ij}/N_j}{[\sum_i (e_{ij})^2/N_j]^{1/2}}, \quad (3)$$

donde e_{ij} es el error asociado al flujo f_{ij} del espectro j . El parámetro s_j está vinculado al factor de ponderación para el cálculo del espectro medio.

El tercer paso consiste en calcular el espectro medio como un promedio ponderado de todos los espectros j y con coeficiente de normalización n_j cuyas muestras contribuyan a un mismo bin de la escala del sistema en reposo, esto es:

$$\bar{f}_i = \frac{\sum_j \omega_j \left(\frac{f_{ij}}{n_j} \right)}{\sum_j \omega_j}, \quad (4)$$

donde ω_j es un peso de ponderación y está dado por:

$$\omega_j = \frac{1}{s_j^{-2} + \sigma^2}. \quad (5)$$

En la expresión anterior la constante $\sigma = 0.05$ juega el rol de ecualizador entre espectros que tienen alta relación S/N y espectros ruidosos, evitando la contribución excesiva de uno de estos espectros al promedio final del espectro medio.

3.2. Intervalos de Normalización

El criterio empleado para la selección de intervalos de normalización se basa en tomar tramos de longitudes de onda en los que los espectros no presenten fuertes líneas de emisión y que al mismo tiempo cubran el mayor rango posible de longitudes de onda. Es usual tomar intervalos entre las líneas de emisión $\text{Ly}\alpha$, C IV, C III], Mg II que por lo general son líneas predominantes, contrastan del resto del espectro y no muestran en sus formas de perfil de línea mayor variabilidad de cuásar a cuásar ante cambios del redshift (Pâris et al. 2017).

No existe un único intervalo de longitudes de onda que sea común para todos los espectros (ver figura 2), por lo que se decidió tomar tres intervalos de normalización: uno principal y dos secundarios. El intervalo principal definido entre las líneas de emisión del C III] y Mg II, ocupa el rango [2000 – 2600]Å y los intervalos secundarios [1300 – 1500]Å entre $\text{Ly}\alpha$ y C IV, y [4400 – 4800]Å entre $\text{H}\gamma$ y $\text{H}\beta$.

Dependiendo del valor del redshift algunos espectros pueden cubrir dos intervalos de normalización lo que implica, dos coeficientes de normalización uno

TABLA 2

En la tabla se muestran los intervalos de normalización principal y secundario para cada intervalo de redshift.

Intervalos de normalización			
No.Interv	Intervalo z	principal (Å)	secundario (Å)
1	$z < 1.00$	[2000 – 2600]	[4400 – 4800]
2	$1.00 \leq z < 1.35$	[2000 – 2600]	[4400 – 4800]
3	$1.35 \leq z < 1.65$	[2000 – 2600]	
4	$1.65 \leq z < 2.10$	[2000 – 2600]	[1300 – 1500]
5	$2.10 \leq z < 2.35$	[2000 – 2600]	[1300 – 1500]
6	$2.35 \leq z < 2.60$	[2000 – 2600]	[1300 – 1500]
7	$2.60 \leq z < 3.50$	[2000 – 2600]	[1300 – 1500]
8	$z \geq 3.50$		[1300 – 1500]

en el intervalo principal y otro en alguno de los intervalos secundarios.

Sea $n_{p,j}$ el coeficiente de normalización en el intervalo principal y $n_{s,j}$ el coeficiente de normalización en un intervalo secundario para un mismo espectro j . Para llevar la normalización del intervalo secundario al principal, el coeficiente de normalización $n_{s,j}$ debe ser corregido por el factor c , mediante la operación $n_{s,j} \times c$. En la tabla 2 se ha resumido los intervalos de normalización para cada uno de los ocho intervalos de redshift. Finalmente, para el intervalo de redshift $z \geq 3.50$ que presenta solo un intervalo secundario, es posible aplicarle el factor de corrección calculado en los anteriores intervalos de redshift donde este presente el mismo intervalo secundario.

4. RESULTADOS

En esta sección presentamos el resultado del espectro medio considerando el total de cuásares del catálogo DR16Q, es decir, 750 414 cuásares.

El flujo de trabajo que se siguió es el descrito en la sección 3, además de considerar la clasificación de redshift de la tabla 1. Este proceso es una secuencia recursiva por intervalos de redshift hasta lograr re-muestrear todos los espectros en el sistema en reposo y finalmente calcular el espectro medio según la ecuación 4.

El espectro medio compuesto fue normalizado en el intervalo principal [2000–2600]Å, sin embargo; también se han utilizado los intervalos de normalización secundarios de acuerdo a la tabla 2 de la sección 3.2.

En el panel izquierdo de la figura 3, se muestra el número de espectros de cuásar que contribuyen a cada bin de 1Å del espectro medio en el sistema en reposo, alcanzando un máximo de 738 019 cuásares en 2342Å. Esta cantidad de espectros, genera una máxima relación S/N de 1418 por píxel (ver panel derecho de la figura 3). En el mismo panel, para longitudes de onda mayores a 6000Å se observan saltos y discontinuidad esto se debe a que algunos bins del sistema en reposo (re-muestreo) quedan vacíos o muy saturados por la baja cantidad de espectros y cuásares que contribuyen a estos bins.

Para evaluar cualitativamente el espectro compuesto obtenido en este trabajo, en la figura 4 en azul, se sobrepone al espectro medio obtenido por Vanden Berk et al. (2001) en negro, se observa buena

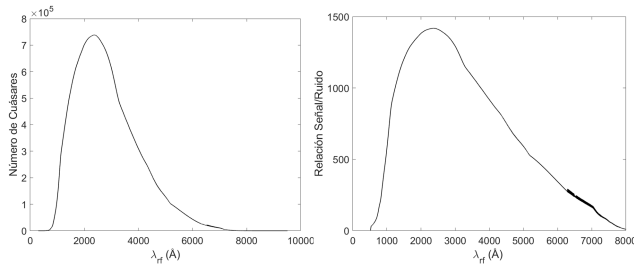


Fig. 3.— En el panel izquierdo, el número de espectros de cuásar que contribuyen a cada bin de 1Å del espectro medio. El pico máximo corresponde a 2342Å (738 019 espectros). En el panel derecho, la relación S/N en función de la longitud de onda, la máxima relación S/N es 1418 por píxel corresponde a la longitud de onda 2367Å.

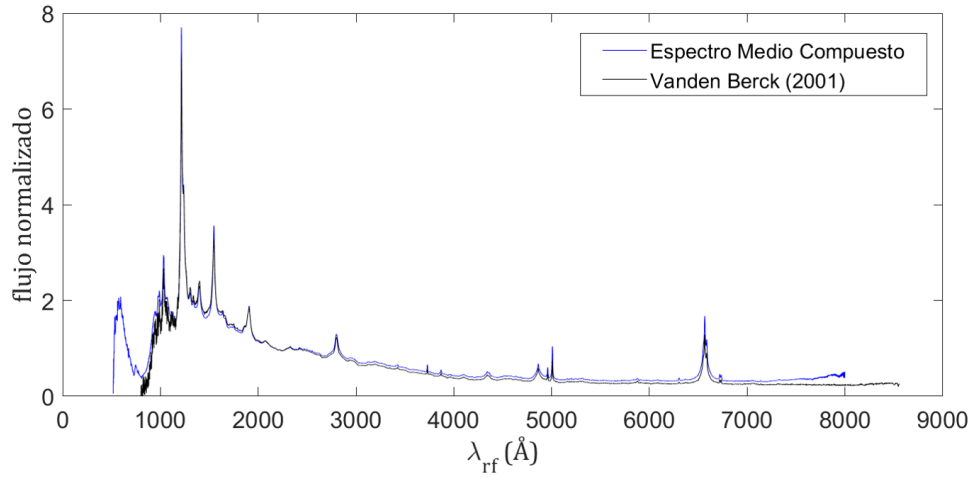


Fig. 4.— En negro el espectro medio de referencia Vanden Berk et al. (2001). En azul el espectro medio generado en este trabajo. El espectro medio calculado se extiende en longitud de onda de $[516 - 8000]\text{\AA}$, se observa una buena correspondencia entre las líneas de emisión de ambos espectros medios. Aunque Vanden Berk et al. (2001) se extiende más allá de $8000\text{\AA}$, en este trabajo hemos ganado extensión hacia las bajas longitudes de onda $516\text{\AA}$.

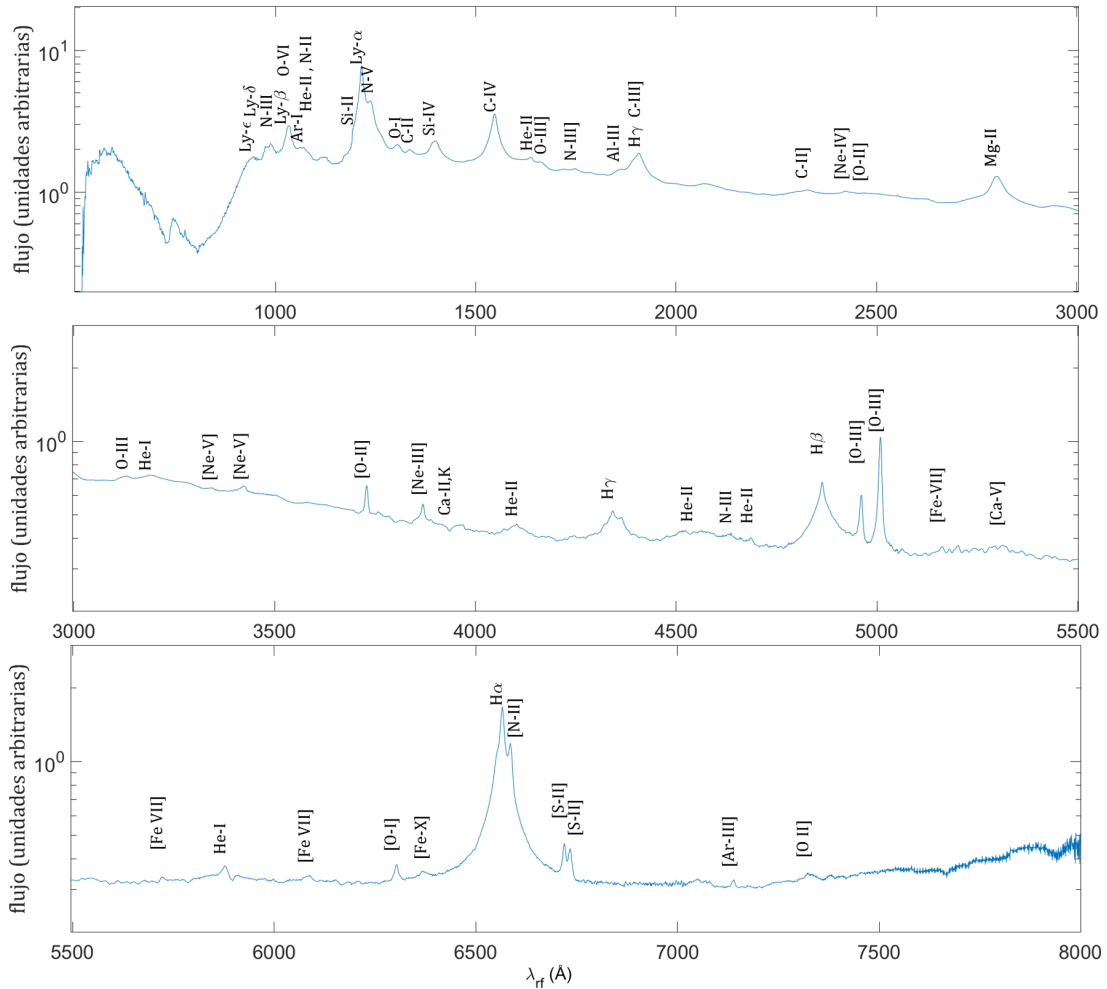


Fig. 5.— Panel superior: $[500 - 3000]\text{\AA}$, esta región es abundante en líneas anchas de emisión dominado principalmente por $\text{Ly}\alpha$, C III , C IV y Mg II , se logra observar elementos ionizados de transiciones semi-prohibidas como N III , O III , C III , C II y transiciones prohibidas como $[\text{Ne IV}]$ y $[\text{O II}]$. Panel intermedio: $[3000 - 5500]\text{\AA}$, esta región está dominada por $\text{H}\beta$ y $[\text{O III}]$ en menor intensidad se observa $\text{H}\gamma$, $[\text{O II}]$ y $[\text{Ne III}]$ débilmente $[\text{Ne V}]$, He II , N III , $[\text{Fe VII}]$ y $[\text{Ca V}]$. Panel inferior: $[5500 - 8000]\text{\AA}$, región dominada por $\text{H}\alpha$, se observa también $[\text{S II}]$, $[\text{O I}]$, He I , muy levemente se distinguen $[\text{Ar III}]$ y $[\text{O II}]$ y líneas de alta ionización como el $[\text{Fe VII}]$ y $[\text{Fe X}]$.

correspondencia entre ambos espectros medios espe- cialmente en el intervalo de normalización principal

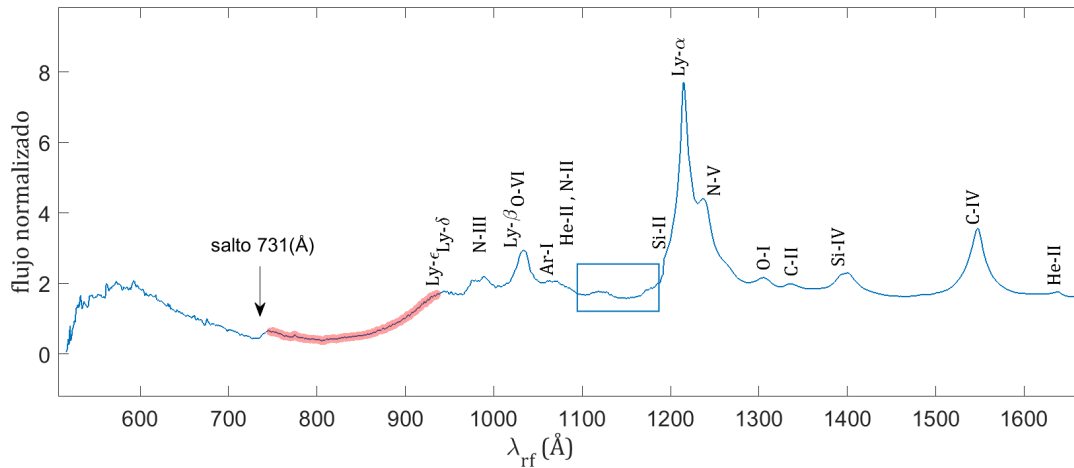


Fig. 6.— En recuadro azul se observa parte del continuo debilitado por el efecto Gunn-Peterson este efecto es una característica de los espectros de cuásares debido a la presencia del hidrógeno neutro en el medio intergaláctico (Becker et al. 2001). En rojo se resalta en forma de curva suave la caída del espectro hasta llegar a (731Å) a partir de la cual se observa otra secuencia creciente del espectro hacia longitudes de ondas menores.

[2000 – 2600]Å, ya que es el mismo en ambos trabajos. Pero también se observa una diferencia vertical en longitudes de onda fuera del intervalo principal, especialmente a mayores longitudes de onda [5000 – 8000]Å que se atribuye a los diferentes intervalos de normalización secundarios que se utilizó en Vanden Berk et al. (2001).

Otra medida de control del espectro medio calculado en este trabajo, fue identificar las principales líneas de emisión y verificar que sus posiciones correspondan a longitudes de onda conocidas. Para facilitar la visualización de las líneas de emisión seccionamos el espectro medio en tres regiones de longitudes de onda y adicionalmente; ponemos el eje de las ordenadas en escala logarítmica (figura 5) de esa manera se logra distinguir líneas de emisiones débiles.

5. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

A longitudes de onda por debajo de $Ly\alpha$, la emisión de la mayoría de cuásares, es absorbida por presencia de hidrógeno neutro en el medio intergaláctico (IGM), lo que hace que el espectro continuo sea mucho más débil. Este hecho es conocido como el Efecto Gunn-Peterson (Becker et al. 2001) y se lo reconoce por la forma de canal que toma el espectro, ver figura 6 en recuadro azul.

Otro logro importante del espectro medio calculado, es que se ha conseguido una imagen espectral más allá, a menores longitudes de onda, del límite de Lyman (912Å).

La región entre 300 a 900Å es conocida como ultravioleta extremo (EUV). A esta región contribuyen cuásares con los redshift más altos. En esta región destacan líneas como HeII λ 304Å y HeI λ 584Å, así como las líneas de alta ionización Ne VIII+OIV λ 772Å y OIII λ 831Å, Kollatschny & Ting-Gui (2006). El continuo en esta región, está caracterizada por el big blue bump, que es una disconti-

nuidad en el UV-Óptico atribuido a la emisión térmica del disco de acreción. Se cree que el continuo EUV está relacionado con los rayos-X blandos (suaves) y que la emisión EUV es la fuente dominante de ionización para el IGM, (Telfer et al. 2002).

En este trabajo, para longitudes de onda más bajas al límite de Lyman, se observa una caída del espectro en forma de curva suave, en rojo en la figura 6, hasta encontrarse con un salto cerca a (731Å) a partir del cual el continuo empieza nuevamente a crecer.

La primera parte de la caída del espectro (en rojo) se debe a la absorción de $Ly\alpha$ y para compensar esta caída debe realizarse la corrección por profundidad óptica a cada espectro, sin embargo; en la segunda parte no se esperaría el crecimiento del espectro. Para explicar este hecho, hemos verificado que existen fuentes de contaminación en el conjunto de espectros utilizados para calcular el espectro medio (DR16Q), la primera fuente es que existen espectros de absorción correspondientes a estrellas, posiblemente, tipo A y la segunda es que existen malas asignaciones de redshift, se han confundido perfiles de línea entre CIV y $Ly\alpha$, adicionalmente el número de cuásares que contribuyen a esta región decae de hasta el orden de centenares provocando el quiebre en (731Å), todos estos factores hacen que el espectro medio esté dominado por estas fuentes contaminantes lo que tiende a levantar el espectro medio.

Se plantea realizar nuevos espectros compuestos enfocados en la región ultravioleta extrema. Es necesario realizar las correcciones por profundidad óptica (absorción de $Ly\alpha$) de todos los espectros que contribuyen a esta región (alto redshift).

Se ha revisado bibliografía de trabajos enfocados en la región de longitudes de onda menores al límite de Ly y en general existe muy poca información; por lo que podemos considerar que esta región constituye nuevas oportunidades de investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de in-

tereses respecto a la publicación de este documento.

REFERENCIAS

- Bachev, R., Marziani, P., Sulentic, J. W., Zamanov, R., Calvani, M., & Dultzin-Hacyan, D. 2004, *ApJ*, 617, 171
- Baldwin, J. A. 1977, *ApJ*, 214, 679
- Becker, R. H., Fan, X., White, R. L., Strauss, M. A., Narayanan, V. K., Lupton, R. H., Gunn, J. E., Annis, J., Bahcall, N. A., Brinkmann, J., Connolly, A. J., Csabai, I., Czarapata, P. C., Doi, M., Heckman, T. M., Hennessy, G. S., Ivezić, Ž., Knapp, G. R., Lamb, D. Q., McKay, T. A., Munn, J. A., Nash, T., Nichol, R., Pier, J. R., Richards, G. T., Schneider, D. P., Stoughton, C., Szalay, A. S., Thakar, A. R., & York, D. G. 2001, *AJ*, 122, 2850
- Beckmann, V. & Shrader, C. R. 2012, *Active Galactic Nuclei*
- Bian, W.-H., Fang, L.-L., Huang, K.-L., & Wang, J.-M. 2012, *MNRAS*, 427, 2881
- Brotherton, M. S., Tran, H. D., Becker, R. H., Gregg, M. D., Laurent-Muehleisen, S. A., & White, R. L. 2001, *ApJ*, 546, 775
- du Mas des Bourboux, H. 2021, *redshiftblue: Quasar and emission line redshift fitting*
- Francis, P. J., Hewett, P. C., Foltz, C. B., Chaffee, F. H., Weymann, R. J., & Morris, S. L. 1991, *ApJ*, 373, 465
- Harris, D. W., Jensen, T. W., Suzuki, N., Bautista, J. E., Dawson, K. S., Vivek, M., Brownstein, J. R., Ge, J., Hamann, F., Herbst, H., Jiang, L., Moran, S. E., Myers, A. D., Olmstead, M. D., & Schneider, D. P. 2016, *AJ*, 151, 155
- Jensen, T., Bautista, J., Dawson, K., Harris, D., Kamble, V., Mariappan, V., & Suzuki, N. 2016, in *American Astronomical Society Meeting Abstracts*, Vol. 227, American Astronomical Society Meeting Abstracts #227, 243.28
- Kauffmann, G., Heckman, T. M., Tremonti, C., Brinchmann, J., Charlot, S., White, S. D. M., Ridgway, S. E., Brinkmann, J., Fukugita, M., Hall, P. B., Ivezić, Ž., Richards, G. T., & Schneider, D. P. 2003, *MNRAS*, 346, 1055
- Kollatschny, W. & Ting-Gui, W. 2006, *Ap&SS*, 303, 123
- Kormendy, J. & Richstone, D. 1995, *ARA&A*, 33, 581
- Lyke, B. W., Higley, A. N., McLane, J. N., Schurhammer, D. P., Myers, A. D., Ross, A. J., Dawson, K., Chabanier, S., Martini, P., Busca, N. G., Mas des Bourboux, H. d., Salvato, M., Streblyanska, A., Zarrouk, P., Burtin, E., Anderson, S. F., Bautista, J., Bizyaev, D., Brandt, W. N., Brinkmann, J., Brownstein, J. R., Comparat, J., Green, P., de la Macorra, A., Muñoz Gutiérrez, A., Hou, J., Newman, J. A., Palanque-Delabrouille, N., Pâris, I., Percival, W. J., Petitjean, P., Rich, J., Rossi, G., Schneider, D. P., Smith, A., Vivek, M., & Weaver, B. A. 2020, *ApJS*, 250, 8
- Marziani, P., Sulentic, J. W., Plauchu-Frayn, I., & del Olmo, A. 2013, *A&A*, 555, A89
- Pâris, I., Petitjean, P., Aubourg, É., Ross, N. P., Myers, A. D., Streblyanska, A., Bailey, S., Hall, P. B., Strauss, M. A., Anderson, S. F., Bizyaev, D., Borde, A., Brinkmann, J., Bovy, J., Brandt, W. N., Brewington, H., Brownstein, J. R., Cook, B. A., Ebelke, G., Fan, X., Filiz Ak, N., Finley, H., Font-Ribera, A., Ge, J., Hamann, F., Ho, S., Jiang, L., Kinemuchi, K., Malanushenko, E., Malanushenko, V., Marchante, M., McGreer, I. D., McMahon, R. G., Miralda-Escudé, J., Muna, D., Noterdaeme, P., Oravetz, D., Palanque-Delabrouille, N., Pan, K., Perez-Fournon, I., Pieri, M., Riffel, R., Schlegel, D. J., Schneider, D. P., Simmons, A., Viel, M., Weaver, B. A., Wood-Vasey, W. M., Yèche, C., & York, D. G. 2014, *A&A*, 563, A54
- Pâris, I., Petitjean, P., Ross, N. P., Myers, A. D., Aubourg, É., Streblyanska, A., Bailey, S., Armengaud, É., Palanque-Delabrouille, N., Yèche, C., Hamann, F., Strauss, M. A., Albareti, F. D., Bovy, J., Bizyaev, D., Niel Brandt, W., Brusa, M., Buchner, J., Comparat, J., Croft, R. A. C., Dwelly, T., Fan, X., Font-Ribera, A., Ge, J., Georgakakis, A., Hall, P. B., Jiang, L., Kinemuchi, K., Malanushenko, E., Malanushenko, V., McMahon, R. G., Menzel, M.-L., Merloni, A., Nandra, K., Noterdaeme, P., Oravetz, D., Pan, K., Pieri, M. M., Prada, F., Salvato, M., Schlegel, D. J., Schneider, D. P., Simmons, A., Viel, M., Weinberg, D. H., & Zhu, L. 2017, *A&A*, 597, A79
- Patiño Álvarez, V., Torrealba, J., Chavushyan, V., Cruz González, I., Arshakian, T., León Tavares, J., & Popovic, L. 2016, *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, 3, 19
- Pérez-Ràfols, I., Miralda-Escudé, J., Lundgren, B., Ge, J., Petitjean, P., Schneider, D. P., York, D. G., & Weaver, B. A. 2015, *MNRAS*, 447, 2784
- Rakshit, S., Stalin, C. S., & Kotilainen, J. 2020, *ApJS*, 249, 17
- Schmidt, M. & Green, R. F. 1983, *ApJ*, 269, 352
- Shen, Y. & Ho, L. C. 2014, *Nature*, 513, 210
- Telfer, R. C., Zheng, W., Kriss, G. A., & Davidsen, A. F. 2002, *ApJ*, 565, 773
- Vanden Berk, D. E., Richards, G. T., Bauer, A., Strauss, M. A., Schneider, D. P., Heckman, T. M., York, D. G., Hall, P. B., Fan, X., Knapp, G. R., Anderson, S. F., Annis, J., Bahcall, N. A., Bernardi, M., Briggs, J. W., Brinkmann, J., Brunner, R., Burles, S., Carey, L., Castander, F. J., Connolly, A. J., Crocker, J. H., Csabai, I., Doi, M., Finkbeiner, D., Friedman, S., Frieman, J. A., Fukugita, M., Gunn, J. E., Hennessy, G. S., Ivezić, Ž., Kent, S., Kunszt, P. Z., Lamb, D. Q., Leger, R. F., Long, D. C., Loveday, J., Lupton, R. H., Meiksin, A., Merelli, A., Munn, J. A., Newberg, H. J., Newcomb, M., Nichol, R. C., Owen, R., Pier, J. R., Pope, A., Rokos, C. M., Schlegel, D. J., Siegmund, W. A., Smee, S., Snir, Y., Stoughton, C., Stubbs, C., SubbaRao, M., Szalay, A. S., Szokoly, G. P., Tremonti, C., Uomoto, A., Waddell, P., Yanny, B., & Zheng, W. 2001, *AJ*, 122, 549
- Véron-Cetty, M. P., Véron, P., & Gonçalves, A. C. 2001, *A&A*, 372, 730
- Xu, Y., Bian, W.-H., Yuan, Q.-R., & Huang, K.-L. 2008, *MNRAS*, 389, 1703
- Zhang, K., Dong, X.-B., Wang, T.-G., & Gaskell, C. M. 2011, *ApJ*, 737, 71