

## PRESENTACION MURAL

### Cinematica del gas ionizado y perfiles de luminosidad de las Galaxias Porotos Verdes

R.J. Diaz<sup>1</sup>, M. Aguero<sup>2</sup>, M. Schirmer<sup>3,4</sup>, K. Holheim<sup>3</sup>, N. Levenson<sup>3</sup>, C. Winge<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*ICATE, CONICET, Argentina*

<sup>2</sup>*OAC, UNC & CONICET, Argentina*

<sup>3</sup>*Observatorio Gemini*

<sup>4</sup>*Universität Bonn, Alemania*

**Abstract.** We present preliminary spectroscopic results of a sample of *green bean* galaxies (GBG), known to show ultra-luminous, galaxy-wide, narrow-line regions. We analyze Gemini *GMOS-S,N* spectra of a sample of 12 GBG in order to obtain emission line ratios, gas kinematics and luminosity profiles in some continuous bands. We report here new results that confirm that the  $[OIII]\lambda 5008$  emission extends from 5 to 17 kpc, in all cases scales similar or larger than the stellar continuums at the spectra. In the extreme case of J145533.6+044643 the  $[OIII]$  emission reaches a diameter of  $17.5 \pm 1.6$  kpc. We find that the continuum half light radii extend from 3 to 7 kpc, the largest scale radius at shortest wavelengths, which is consistent with the scale lengths of large spiral galaxies or merging systems. Another new result is that the spatial variation of the continuum color profiles indicate the presence of extinction and possibly star formation.

**Resumen.** Presentamos aquí los resultados espectroscópicos preliminares sobre una muestra de galaxias *porotos verdes* (GBG), conocidas por presentar regiones de líneas angostas ultra-luminosas y extendidas a toda escala en la galaxia huésped. Se tomaron espectros en Gemini con *GMOS-S,N* para obtener cocientes de líneas de emisión, cinemática del gas ionizado y perfiles de luminosidad en distintas bandas de continuo. Reportamos aquí nuevos resultados que confirman que para toda esta muestra de 12 GBG la emisión del  $[OIII]\lambda 5008$  tiene una extensión de 5 a 17 kpc, similar, y en algunos casos superior, a la del continuo estelar. En el caso extremo de J145533.6+044643 la emisión del  $[OIII]$  se extiende hasta un diámetro de  $17.5 \pm 1.6$  kpc. Determinamos que los perfiles de emisión de continuo tienen radios de escala de 3 a 7 kpc y son más extensos para longitudes de onda más cortas, lo que es consistente con los radios de escala de galaxias espirales gigantes o sistemas en fusión. Los perfiles de color que determinamos indican la presencia de extinción y posible formación estelar.

## 1. Introducción

Los modelos de formación de galaxias predicen la existencia de flujos salientes de gas producidos por el núcleo galáctico activo (AGN), a fin de explicar las propiedades del medio interestelar en galaxias masivas (e.g., Springel et al. 2005). Nesvadba et al. (2008) y Harrison et al. (2012) han encontrado regiones de líneas angostas tipo AGN (NLR) en escalas galácticas, en radio galaxias potentes y galaxias infrarrojas ultra-luminosas, respectivamente. Las galaxias *porotos verdes* (GBG, por sus siglas en inglés) fueron descubiertas por Schirmer et al. (2013) a redshifts  $0.2 < z < 0.6$  y con una densidad de sólo  $4.4 \text{ Gpc}^{-3}$  en  $z \sim 0.3$ . Representan un fenómeno excepcional o de muy corto periodo en la vida de un AGN pues sólo dos docenas de candidatos se identificaron en el SDSS-DR8. Las luminosidades infrarrojas son mucho más bajas que las predichas por los flujos de la emisión de [OIII], sugiriendo que las NLRs extendidas son el remanente de un estado muy violento de la fuente central, la cual habría pasado a un estado de baja actividad en menos del tiempo de cruce de la radiación ionizante. Estos ecos lumínicos serían dos órdenes de magnitud más brillantes que cualquier otro conocido hasta la fecha. Además de analizar en detalle los espectros obtenidos en Gemini, también presentamos aquí un resultado nuevo y significativo: los perfiles de emisión de continuo son consistentes con los radios de escala de galaxias espirales gigantes o sistemas en fusión, y muestran evidencia de extinción y posible formación estelar.

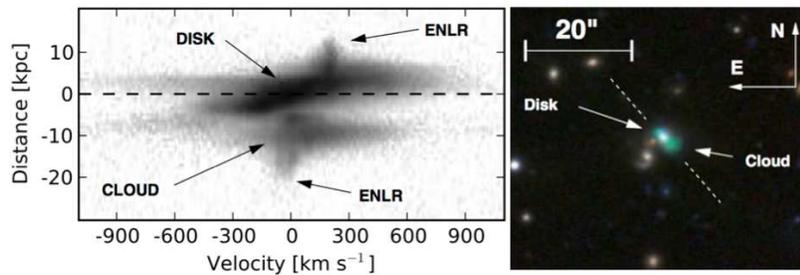


Figura 1. Der.: Imagen en colores *gri* con CFHT/Megaprime de la galaxia GB J2240-0927. Los *redshifts* fotométricos indican que la galaxia enrojecida débil al E del núcleo es una fuente de fondo y la galaxia al SE, con prominente brazo espiral, está a la distancia de la GB. La línea punteada muestra la orientación de la ranura. Izq: Línea de emisión del [OIII] $\lambda$ 5008 (continuo sustraído). La línea punteada indica la posición espacial del núcleo.

## 2. Resultados y trabajo en progreso

Schirmer et al. (2013) llevaron a cabo un análisis detallado de la galaxia J2240-0927 ( $z = 0.326$ ), prototipo de las galaxias *porotos verdes*. Su NLR se extiende sobre  $26 \times 44 \text{ kpc}$ . Con una luminosidad [OIII] $\lambda$ 5008 de  $(5.7 \pm 0.9) \times 10^{43} \text{ erg/s}$ , es una de las NLR más luminosas conocidas en una galaxia Sy2. Las observaciones de VLT/XSHOOTER (Figura 1), muestran que la NLR está alimentada por un AGN, de acuerdo a los mapas de ionización. La cinemática del gas está perturbada a escala global, pero no se detectan flujos de gas de alta velocidad

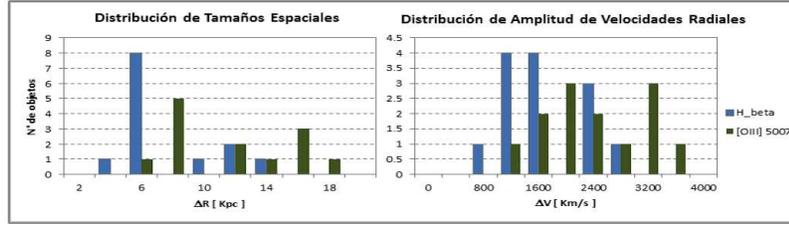


Figura 2. Izq.: Histograma de extensiones espaciales de la emisión del gas ionizado en los espectros obtenidos con GMOS-N,S. Der: Distribución de amplitudes de velocidad radial del gas ionizado.

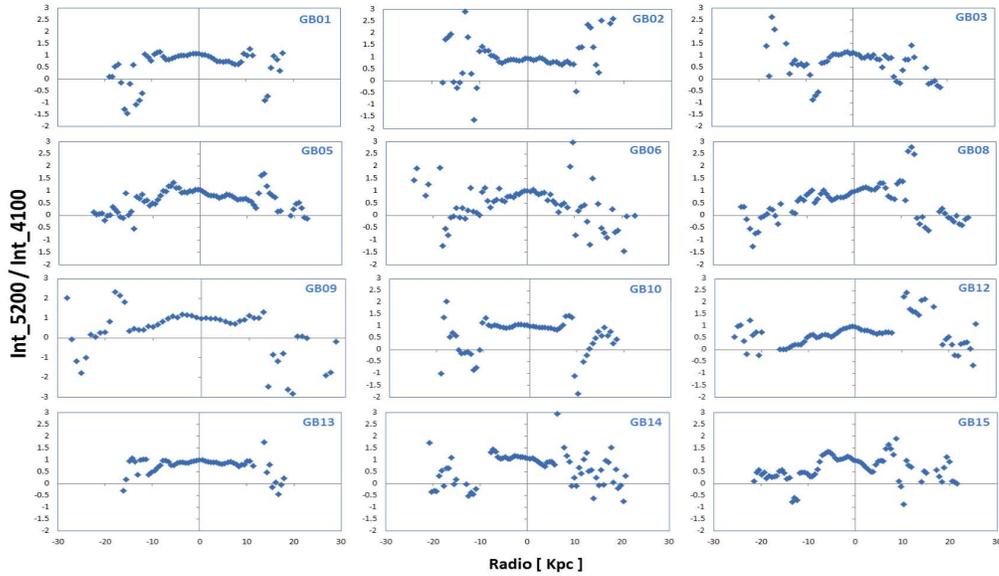


Figura 3. Cociente de perfiles integrados de continuo estelar azul ( $\sim 4100$ ) y verde ( $\sim 5200$ ). Nótese las marcadas diferencias en los gradientes de color de una galaxia a la otra, y dentro de cada galaxia. Los valores en las regiones externas son menos significativos por la menor relación señal/ruido.

en este objeto en particular. Se inició un programa de búsqueda espectroscópica de galaxias candidatas a GBG, el cual ha confirmado al menos 18 galaxias con NLRs de tamaños entre 5 y 18 Kpc. Aquellos que han sido cubiertos por el survey FIRST de VLT son todos radio-quiet, y el 30% de las GBG tienen galaxias vecinas cercanas sin redshift conocido. La espectroscopía ranura larga con Gemini/GMOS-N,S de 12 GBG confirma la alta luminosidad  $[OIII]$ , todas las GBGs confirmadas son AGN tipo 2, según los diagramas de cocientes de líneas. No se identifican componentes anchas en las líneas de recombinación, aunque la amplitud global de las velocidades radiales presentadas en este trabajo (800 a 4000 km/s) indican que el gas está dinámicamente perturbado y parte del mismo ya no estaría ligado al potencial gravitatorio de la galaxia (Figura 2). El principal resultado nuevo es que las regiones de emisión de ionización media y con cocientes de tipo AGN en las galaxias GB efectivamente se extienden a escalas

comparables y en algunos casos mayores que las de la componente estelar en los espectros. En el caso extremo de J145533.6+044643, la emisión [OIII] tiene un diámetro de  $17.5 \pm 1.6$  kpc. Los anchos cinemáticos globales indican que parte del gas ionizado no está gravitatoriamente ligado a la galaxia huésped. Los FWHM de la emisión de continuo estelar se extienden entre los 3 a 7 kpc (Tabla 1) y son consistentes con los tamaños de galaxias espirales gigantes o sistemas en fusión. También encontramos en este trabajo que los perfiles integrados de continuo estelar azul ( $\sim 4100$ ) y verde ( $\sim 5200$ ) indican marcadas diferencias en los gradientes de color de una galaxia a la otra, y dentro de cada galaxia muestran evidencia de la presencia de polvo y/o formación estelar extendida. Para el 2014 hemos obtenido tiempo de observación en el satélite de rayos X Chandra, a fin de caracterizar la débil fuente central, fijar el modelo de fotoionización y confirmar la hipótesis del eco lumínico. En la siguiente etapa del estudio espectroscópico ajustaremos componentes morfológicas a la emisión de las galaxias huésped y estudiaremos las poblaciones estelares subyacentes a partir del ajuste de espectros patrón.

Nombre	Z	[OIII]/H $\beta$ Log	[OIII] Ext. Kpc	[OIII] $\Delta V$ Km/s	Con <sub>B</sub> R Kpc	Con <sub>V</sub> R Kpc	Resol. $\sim 0.7''$ Kpc
J002016.4-053126	0.334	$1.305 \pm 0.005$	13.7	2633	5.1	4.5	3.1
J002434.9+325842	0.298		10.7	2272	5.7	5.4	2.8
J011133.3+225359	0.318	$1.243 \pm 0.016$	15.4	3094	6.5	4.9	3.0
J015930.8+270302	0.281	$1.194 \pm 0.004$	4.5	1024	5.7	4.5	2.7
J115544.5-014739	0.278	$1.163 \pm 0.006$	7.5	1563	3.3	2.7	2.9
J135155.4+081608	0.306	$1.161 \pm 0.002$	11.1	2316	4.5	4.2	2.9
J144110.9+251700	0.192	$1.086 \pm 0.001$	6.1	1916	3.9	3.9	2.1
J145533.6+044643	0.334	$1.151 \pm 0.003$	17.5	3369	4.5	4.1	3.1
J150517.6+194444	0.341	$1.131 \pm 0.001$	15.1	2866	4.8	3.2	3.1
J205058.0+055012	0.301	$1.163 \pm 0.003$	7.4	1570	5.4	5.1	2.9
J213542.8-031408	0.246	$1.108 \pm 0.004$	7.8	1966	4.4	4.4	2.5
J220216.7+230903	0.258	$1.154 \pm 0.006$	7.0	1688	6.5	5.1	2.6
J230829.4+330310	0.291		14.6	3172	4.1	4.1	3.0

Tabla 1. Resultado del análisis de los perfiles espaciales. Col. 2: Redshift. Col. 3: Cociente de flujos totales de [OIII]/H $\beta$  en toda la extensión espacial de la ranura. Para dos objetos el flujo de H $\beta$  es débil como para dar un valor significativo al cociente. Col. 4-5: Extensión espacial y amplitud en velocidad radial de la emisión en [OIII]; Col. 6-7: Radio correspondiente a mitad de flujo del continuo estelar en las regiones  $\sim 4100$  y  $\sim 5200$ , deconvolucionados por la resolución espacial media; Col. 8: Resolución espacial media.

## Referencias

- Harrison C., Alexander D., et al. 2012, MNRAS, 426, 1073  
Nesvadba N., Lehnert M., et al. 2008, A&A, 491, 407  
Schirmer M., Diaz R., et al 2013, ApJ, 763, art.id.60, 19 pp.  
Springel V., Di Matteo T., Hernquist L., 2005, MNRAS, 361, 776