

Develando con T-ReCS las regiones oscurecidas del núcleo starburst más cercano

J.A. Camperi¹, G.I. Gunthardt¹, M.P. Agüero^{1,2}, R.J. Díaz^{3,4} & M. Schirmer^{4,5}

¹ Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba

² CONICET

³ ICATE, CONICET

⁴ Observatorio Gemini

⁵ Universität Bonn, Alemania

Contacto/ JAC: camperi@oac.uncor.edu

Resumen / Presentamos las imágenes de la región nuclear de NGC 253 obtenidas con el instrumento T-ReCS (Thermal-Region Camera Spectrograph) del telescopio Gemini Sur. Las mismas fueron tomadas en las bandas Qa, Si-2, NeII, y continuo de NeII (18.3, 8.7, 12.8, 13.1 μm respectivamente), con un muestreo espacial medio de 0.2" (3.4 pc). Se identifican y analizan las subestructuras más importantes alrededor de los posibles núcleos y se discuten sus roles en el escenario dinámico de la galaxia.

Abstract / We present the images of the nuclear region of NGC 253 obtained with the T-ReCS instrument (Thermal-Region Camera Spectrograph) of the Gemini South Telescope. Such images were taken in the Qa, Si-2, NeII and NeII continuum bands (18.3, 8.7, 12.8 and 13.1 μm respectively) with an average spatial sampling of 0.2" (3.4 pc). We also identify and analyze the most important sub-structures around the possible nuclei and we discuss their roles in the dynamic scenario of the galaxy.

Keywords / Galaxies: starburst – galaxies: kinematics and dynamics – galaxies: nuclei – galaxies: structure – galaxies: individual (NGC 253) – infrared: galaxies

1. Introducción

T-ReCs (Thermal-Region Camera Spectrograph) es un instrumento que puede servir tanto como cámara infrarroja (que opera en la parte media del espectro infrarrojo) o como espectrógrafo de ranura larga. Fue construido por la Universidad de Florida para el telescopio de 8.1 m Gemini Sur (Telesco et al., 1998).

Este instrumento tiene un diseño optimizado para minimizar el ruido de fondo térmico, así como maximizar la calidad de las imágenes y el rendimiento. En condiciones normales de *seeing* es capaz de producir imágenes muy próximas al límite de difracción del telescopio de 8.1 m en longitudes de onda de 10 μm o mayores.

Desde 2011 estamos realizando un estudio de largo plazo acerca de la estructura y dinámica de la región central de NGC 253 a fin de arrojar luz sobre los mecanismos de alimentación de la actividad de formación estelar violenta en este núcleo y su posible relación con la existencia de un agujero negro supermasivo fuera del centro de simetría de la galaxia (Camperi et al., 2012). En la noche del 11 de agosto de 2011, se obtuvieron con T-ReCS imágenes en el IR medio de la zona nuclear de NGC 253, completándose un total de dos horas de observación en condiciones óptimas de alta transparencia y bajo vapor de agua, es decir baja emisividad atmosférica. Las observaciones fueron realizadas por Díaz & Schirmer como parte de un programa de 'legado' de T-ReCS, liderado por B. Rodgers (GS-2011B-Q-84). Se obtuvieron

imágenes de alta calidad en objetos que hasta entonces sólo se habían observado con baja resolución espacial.

2. Imágenes

NGC 253, gran galaxia en Escultor, está situada a una distancia de (3.90 ± 0.37) Mpc. Es un objeto ideal para el estudio de hipótesis sobre la relación entre los fenómenos starburst y AGN. Su zona central, muy oscurecida por la presencia de polvo y gas interestelar, es accesible en profundidad por medio de observaciones en la parte infrarroja del espectro. En la Figura 1 se muestra una imagen multicolor de NGC 253 en el infrarrojo cercano (JHKs) obtenida con el instrumento F2 en Gemini Sur (Eikenberry et al., 2008; Díaz et al., 2013). En ella se puede apreciar que el corazón de la región nuclear está fuertemente afectado por la presencia del polvo aun en el IR cercano de 1-2.5 μm (Escala: 16 pc/").

En la Figura 2 (confeccionada a partir de la combinación de las imágenes en las bandas Si-2, NeII y Qa), puede apreciarse que la región de mayor excitación del polvo (en verde, filtro NeII) se extiende alrededor del centro geométrico de las isofotas de la fuente extendida en continuo de radio descubierta por Turner & Ho (1985) (TH2, ver también Figura 3). Sorprendentemente no se detecta ninguna fuente puntual en esa localización en ningún rango del espectro electromagnético (Fernández-Ontiveros et al., 2009). Según lo que se muestra en la



Fig. 1: NGC 253 en el infrarrojo cercano. Imagen de F2, bandas JHKs. Escala: 300'' x 250''.

tabla de flujos (Tabla 1), el complejo A1 interno tiene un flujo total un orden de magnitud mayor que el de cualquier otra fuente circunnuclear. Llamamos complejo A1 interno a A1-1 más A1-2; donde A1-1 coincide con la fuente de radio TH7, señalada con una cruz azul en la Figura 2 (Ver también Figuras 3 y 4). En la Tabla 2 se detallan los filtros usados, así como sus longitudes de onda centrales y sus anchos totales a mitad de altura (FWHM) dentro de los 30'' centrales del campo de las imágenes de T-ReCS.

Tabla 1: Regiones notorias de la zona nuclear de NGC 253 en el IR medio, posiciones de sus centros y flujos medidos.

Región	α (J2000)	δ (J2000)	Flujos banda Qa [mJy]
A1-1	00:47:32.94	-25:17:19.70	8272(A1-1+A1-2)
A1-2	00:47:32.93	-25:17:20.02	8272(A1-1+A1-2)
A1-3	00:47:32.96	-25:17:20.37	<10
A1-4	00:47:33.00	-25:17:19.75	<10
A2	00:47:33.05	-25:17:18.42	1303
A3	00:47:33.22	-25:17:15.74	445
A4	00:47:33.05	-25:17:17.52	1215
A5	00:47:33.43	-25:17:14.50	248
A6	00:47:33.38	-25:17:13.96	<10
A7	00:47:33.62	-25:17:13.70	50
A8	00:47:33.76	-25:17:12.18	55
A9	00:47:34.03	-25:17:09.69	28
A10	00:47:33.19	-25:17:14.94	<10
A11	00:47:33.00	-25:17:17.26	<10
A12	00:47:32.99	-25:17:18.49	<10
A13	00:47:32.87	-25:17:21.53	<10
A14	00:47:32.81	-25:17:20.91	<10
A15	00:47:33.17	-25:17:17.73	1305

En las imágenes tomadas con el filtro Si-2 dicho pico aparece como una fuente compacta claramente no resuelta y en el límite del muestreo espacial, por lo que tiene un FWHM $\sim 0.2''$ (~ 3 pc).

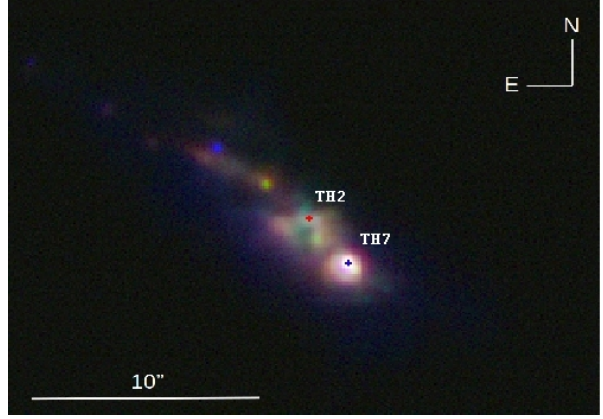


Fig. 2: Zona nuclear de NGC 253, imagen combinada de las bandas Si-2, NeII y Qa. La cruz roja indica la posición de TH2, y la cruz azul la posición de TH7.

Tabla 2: Filtros de T-ReCS, longitudes de onda centrales y FWHM.

Filtros	λ_0 [μm]	FWHM [$''$]
Si-2	8.7	0.4
NeII	12.8	0.5
NeII continuum	13.1	0.5
Qa	18.3	0.6

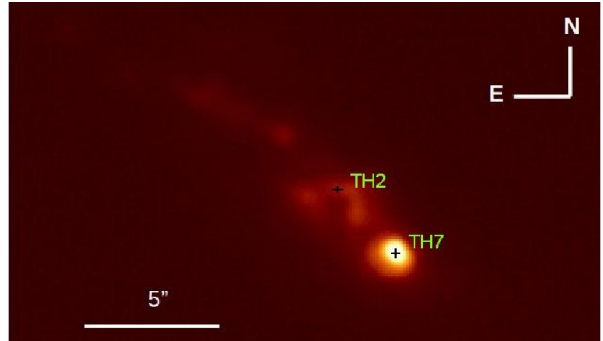


Fig. 3: TH2 y TH7, regiones identificadas primero en radio ahora identificadas también en la banda Qa.

El filtrado espacial de la imagen (Figura 4) muestra que la subestructura anular tiene una forma de cáscara que cubre 150 grados alrededor del pico, con un radio interno de ~ 11 pc y uno externo de ~ 16 pc.

3. Resultados

Se realizó un filtrado espacial de la imagen a distintas resoluciones hasta encontrar la que mejor evidencia una serie de regiones (nudos) brillantes en el IR medio en la zona central (Figura 4), varias de ellas no reportadas con anterioridad. Nuevamente, ninguna fuente puntual coincide con la localización del centro de simetría del bulbo y de la emisión extendida en ondas de radio (TH2). Las más conspicuas de estas estructuras son catalogadas

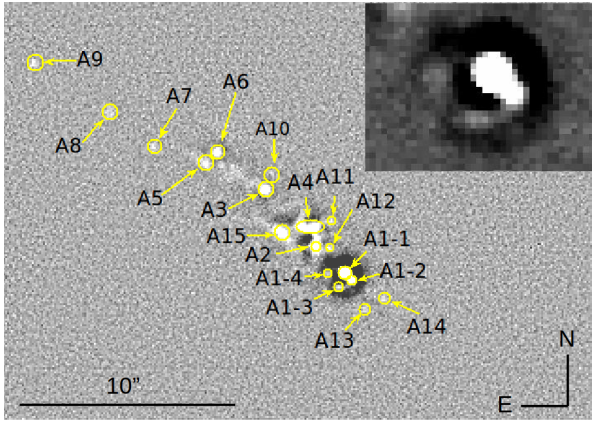


Fig. 4: Regiones conspicuas de la zona nuclear de NGC 253 en el IR medio. Recuadro: complejo A1 interno (A1-1 y A1-2) y la estructura con forma de arco. El tamaño del recuadro es $3.6'' \times 2.6''$.

en la Tabla 1. En la misma también se muestran los flujos medidos en la banda Qa de algunas regiones. Se calibraron las imágenes siguiendo los procedimientos para los datos de T-ReCS (ver página web de Gemini). Se usó el Integration Time Calculator para estimar las incertezas según las diferencias que puedan existir en las magnitudes AB considerando la distribución espectral de energía de las fuentes. El valor obtenido para la medición del complejo TH7 (complejo A1 interno; esto es A1-1 + A1-2) es consistente con los flujos medidos para los $5.5''$ centrales por Rieke & Low (1975).

En el borde superior derecho de la Figura 4 se reproduce ampliada la estructura más brillante. Esta estructura coincide en su posición con la radio fuente nombrada en la bibliografía pertinente (Turner & Ho, 1985) como TH7. Se observa un pico de brillo rodeado por una subestructura anular que se extiende radialmente de 11 a 16 pc. Este carácter no parece asociado al polvo caliente pero está presente en la banda de la emisión del NeII. Según las observaciones presentadas el objeto A1-1 tiene un diámetro no mayor que 6 pc.

4. Conclusiones

Los datos de las imágenes presentadas en este artículo contribuyen a destacar la peculiaridad de A1-1: su pico de emisión (máximo en el IR medio) coincide aproximadamente con el pico de emisión del IR cercano, según se deduce de los datos del instrumento F2. Hasta ahora el pico de emisión en el IR cercano había sido asociado sólo con un cúmulo estelar masivo (Kornei & McCrady, 2009). Nuestros espectros e imágenes NIR han permitido determinar la cinemática detallada alrededor del objeto A1, cuya masa es de aproximadamente $6 \times 10^5 M_{\odot}$ (Gunthardt et al. 2015, en preparación). Si bien un supercúmulo estelar puede albergar esa cantidad de masa, destácase que: este objeto es la fuente de rayos X blandos más poderosa; la curva de rotación del gas molecular muestra una perturbación sinusoidal alrededor del objeto A1-1; y los perfiles de emisión presentan fuertes asimetrías consistentes con flujos salientes (véase la ci-

nemática presentada por Camperi et al., 2012). Ya se ha podido determinar que la máxima velocidad de flujo saliente se localiza aproximadamente a 14 pc del pico de emisión de A1-1, consistentemente con el radio de la subestructura recuadrada en la Figura 4 observado en NeII $12.8 \mu\text{m}$. Del análisis espectral podemos aseverar que en A1-1 se encuentran el máximo nivel de termalización, la máxima turbulencia en velocidades radiales y la más alta tasa de formación estelar.

No aparecen fuentes puntuales en nuestros datos NIR y MIR localizadas en la posición de la radiofuente TH2, hasta ahora considerada la candidata a núcleo galáctico por encontrarse en el centro de simetría del bulbo estelar. No detectamos ninguna perturbación cinemática alrededor de TH2. Dado que A1-1 (TH7) es la fuente más cercana al centro de simetría del disco circunuclear y es el centro de simetría de la curva de rotación en H2 estamos ante un escenario en los que el disco circunuclear y el núcleo se encuentran dinámicamente desacoplados de la estructura global, similar a lo propuesto para M 83 por Díaz et al. (2006) y predicho en detalladas simulaciones de galaxias espirales barradas (e.g. Emsellem et al., 2015, y referencias allí). La evidencia disponible es consistente con un escenario dinámico donde A1-1 es el núcleo descentrado de NGC 253.

Referencias

- Camperi J. A., et al., 2012, Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía La Plata Argentina, 55, 253
 Díaz R. J., et al., 2006, ApJ, 652, 1122
 Díaz R. J., et al., 2013, Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía La Plata Argentina, 56, 457
 Eikenberry S. S., Keremedjiev M., Carson J. C., 2008, in Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series Vol. 7014 of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, Stabilized-speckle integral field spectroscopy: SPIFS. p. 5
 Emsellem E., et al., 2015, MNRAS, 446, 2468
 Fernández-Ontiveros J. A., Prieto M. A., Acosta-Pulido J. A., 2009, MNRAS, 392, L16
 Kornei K. A., McCrady N., 2009, ApJ, 697, 1180
 Rieke G. H., Low F. J., 1975, ApJ, 197, 17
 Telesco C. M., et al., 1998, in Fowler A. M., ed., Infrared Astronomical Instrumentation Vol. 3354 of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, GatirCam: Gemini mid-infrared imager. pp 534–544
 Turner J. L., Ho P. T. P., 1985, ApJL, 299, L77



Espectroscopía infrarroja de la galaxia Seyfert NGC6300

G. Gaspar¹, A. D'Ambra¹, R. Diaz^{2,3}, G. Gunthardt³ & P. Gomez⁴

¹ *Facultad de Matemática, Astronomía y Física (UNC)*

² *ICATE (CONICET)*

³ *Observatorio Astronómico de Córdoba (UNC)*

⁴ *Observatorio Gemini*

Contacto/ GC: gaiagaspar@gmail.com

Resumen / Se presenta un estudio espectroscópico en el rango infrarrojo cercano de la galaxia activa NGC 6300, realizado con el espectrógrafo Flamingos 2 del telescopio Gemini Sur. Los espectros fueron tomados en el rango de 1 a 2.4 μm , con una resolución espacial media de 0.6'' y en este trabajo mostramos resultados preliminares para la banda *J*. El estudio global se basa en el análisis de las contribuciones relativas del núcleo Seyfert y de la formación estelar circunuclear en la emisión para discutir en última instancia el rol del AGN en el escenario de evolución dinámica de la galaxia. En particular mostramos aquí la detección de una componente ancha en la línea Pa β en esta galaxia, hasta la fecha clasificada como de tipo *Sy 2*.

Abstract / Here we present a spectroscopic study in the near infrared band of the active galaxy NGC 6300, with spectra obtained with the spectrograph Flamingos 2 of the telescope Gemini South. The spectra were taken in the range 1 to 2.4 μm , with a mean spatial resolution of 0.6'', in this work we present preliminary results for a single band, *J*. This global study is based in the analysis of the relative contributions in the emission of the Seyfert nuclei and the circunuclear star formation to discuss later the role of the AGN in the scenarios of dynamical evolution of galaxies. We present the detection of a broad component in the Pa β emission line, an unexpected feature in this galaxy so far classified as a *Sy 2* type.

Keywords / Galaxies: active — Galaxies: Seyfert — Galaxies: nuclei — Techniques: spectroscopic

1. Introducción

El modelo unificado es a la fecha el modelo más aceptado para entender las diferencias entre los distintos tipos de núcleos activos. Propone que se trata en realidad de un único fenómeno que está siendo observado desde distintas direcciones y que las diferencias se deben a la gran anisotropía del objeto (Blanford & Rees 1978, Antonucci 1993 y referencias ahí). El objeto propuesto consiste en un agujero negro super masivo que está rodeado por un disco de acreción, nubes de gas circundantes y un toroide de polvo y gas molecular más frío. La radiación continua (que sigue una ley de potencias) originada en el disco de acreción ioniza las nubes de gas donde se producen las líneas de emisión en un amplio rango de ionización observadas en los espectros de los núcleos activos, estas nubes de gas presentan un gradiente de densidad y velocidad de adentro hacia afuera, a esto se debe el hecho de que de algunas regiones recibamos líneas permitidas anchas ($v \sim 1000 - 10000 \text{ km/s}$) y de otras regiones recibamos líneas prohibidas y permitidas angostas ($v \sim 100 - 500 \text{ km/s}$). El toroide de polvo es el responsable de la gran anisotropía del modelo ya que absorbe la radiación emitida en la dirección del plano del disco de acreción. Sin embargo, en la última década han aparecido algunos trabajos que presentan evidencias de que el panorama podría ser más complejo dándole al medio interestelar de la galaxia huesped un rol fundamental al explicar las diferencias entre los distintos

tipos de núcleos activos. En trabajos realizados en la banda infrarroja se encuentra actividad nuclear en galaxias clasificadas como inactivas en el óptico (Goulding & Alexander, 2009) o mayor actividad nuclear relativa en galaxias ya clasificadas como activas en el óptico (Riffel et al. 2006). En base a estos trabajos seleccionamos una muestra de galaxias del hemisferio sur candidatas a albergar núcleos activos oscurecidos y ubicadas a distancias que permitan un muestreo espacial mejor que 50 pc. Estamos observando esta muestra en el infrarrojo cercano para identificar su actividad nuclear y contrastarla con las expectativas del modelo unificado, en particular con las propiedades geométricas que debería tener el toroide molecular. Las diez galaxias seleccionadas se encuentran a distancias tales que un muestreo de alta resolución espacial en Gemini permita separar la contribución circunuclear de la contribución nuclear en los espectros (propiedades físicas, cinemáticas y perfiles espaciales), en un rango espectral en el que la extinción intrínseca sea menos importante.

NGC 6300 es una galaxia espiral barrada y anillada clasificada como SB(rs)b, y presenta un núcleo activo con emisión de tipo *Seyfert 2* confirmado en el óptico. Sin embargo su estructura difiere sustancialmente de la del prototipo de galaxia barrada-anillada ya que no presenta anillo nuclear ni pseudo-anillo externo, esta peculiaridad hace particularmente interesante el estudio de la región nuclear y de la estructura global de NGC 6300. Por otro lado, NGC 6300 es el objeto de mayor excita-