



Variabilidad infrarroja del núcleo activo en NGC 2992

S. Levis¹, G. Gaspar^{2,3}, C.G. Díaz⁴, D. Mast^{2,3} & R.J. Díaz^{2,5}

¹ Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación, UNC, Argentina

² Observatorio Astronómico de Córdoba, UNC, Argentina

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

⁴ Instituto de Ciencias Astronómicas, de la Tierra y del Espacio, CONICET-UNSJ, Argentina

⁵ Gemini Observatory, NSF's NOIRLab, USA

Contacto / selenelevis@mi.unc.edu.ar

Resumen / Existen galaxias en el Universo que contienen un núcleo activo y presentan variabilidad tanto en el tipo de emisión, variando en su clasificación de tipo Seyfert, como en su magnitud nuclear. En este trabajo, se presenta un estudio fotométrico sobre la galaxia NGC 2992 que, en las últimas décadas, ha atravesado episodios de variabilidad en los rangos óptico, infrarrojo y de rayos X. Se reportan magnitudes nucleares en banda J de observaciones obtenidas en enero de 2022 para distintas aperturas. Además, la comparación con reportes anteriores de la magnitud obtenida en una apertura de 3'' revela una variación de 0.8 ± 0.3 magnitudes respecto de 1998.

Abstract / There are galaxies in the Universe that harbour an active nucleus and present variability in the type of emission, varying in their Seyfert type classification, and in their nuclear magnitude. In this work, a photometric study of the galaxy NGC 2992 is presented. In the latest decades, this galaxy has gone through episodes of variability in the optical, infrared, and X-ray ranges. In this contribution, nuclear magnitudes in J band are reported from observations carried on in January 2022 and the magnitude obtained in a 3'' aperture is compared with previous reports, finding a variation of 0.8 ± 0.3 magnitudes with respect to 1998.

Keywords / galaxies: active — galaxies: nuclei — infrared: galaxies — galaxies: individual (NGC 2992)

1. Introducción

NGC 2992 es una galaxia observada desde el Hemisferio Sur con coordenadas $J2000 \alpha = 09^{\text{h}} 45^{\text{m}} 42.045^{\text{s}}$ y $\delta = -14^{\circ} 19' 34.90''$ (Skrutskie et al., 2006). Su corrimiento al rojo es $z = 0.0077$ y posee una inclinación de 70° con respecto a la línea de la visual (Marinucci et al., 2018), por lo que se ve casi de canto. Esta galaxia forma parte de un sistema interactuante conocido como Arp 245 (García-Bernet et al., 2015), el cual conforma con la galaxia starburst NGC 2993 y la galaxia enana tidal A245N. El agujero negro supermasivo que hospeda NGC 2992 posee una masa de $5.24 \times 10^6 M_{\odot}$ medida por Onori et al. (2017) con la técnica de reverberación, utilizando la componente ancha de la línea en emisión de hidrógeno ionizado, Paschen β ($\lambda_c = 1.28 \mu\text{m}$), con espectros de ISAAC correspondientes al año 2012. Dada la distancia a NGC 2992, 1'' equivale a 150 pc. Su clasificación morfológica es Sa (Paturel, G. et al., 2003).

En sus primeras observaciones espectroscópicas, la galaxia ha sido clasificada como de tipo Seyfert 1.9, mostrando la presencia de una componente ancha en $H\alpha$ pero ninguna componente ancha en $H\beta$ (Veron et al. 1980, Ward et al. 1980 y Shuder 1980). Sin embargo, en las últimas cuatro décadas, NGC 2992 ha presentado episodios de aparición y desaparición de la componente ancha en las líneas de emisión de hidrógeno ionizado en sus espectros. En particular, durante los últimos años, se ha reportado la componente ancha en líneas de la serie de Balmer y Paschen (Schnorr-Müller et al. 2016, Mingozzi et al. 2019 y Guolo et al. 2021).

Respecto a estudios fotométricos, Glass (1997) midió la variabilidad de NGC 2992 en los filtros infrarrojos J, H y K con observaciones del telescopio de 1.9 metros del Observatorio Astronómico de Sudáfrica en un período de aproximadamente 18 años, desde 1978 a 1996, usando una apertura de 12''. Durante esa etapa, la magnitud de NGC 2992 presentó variaciones de hasta 0.3, 0.4 y 0.6 magnitudes en los filtros J, H y K, respectivamente, y luego volvió a tener mediciones de magnitud similares a las anteriores a la variación.

En Trippe et al. (2008) los autores evaluaron la posibilidad de que la variabilidad dependa de cambios en el enrojecimiento y/o las densidades de columna de hidrógeno en la línea de visión. Considerando una región de líneas anchas (o BLR, por sus siglas en inglés) de 10 días luz de tamaño y una velocidad del polvo de 300 km s^{-1} , la escala de tiempo de variación del flujo observado es de $\tau \approx 30$ años, por lo que concluyen que es poco probable que el enrojecimiento variable debido al polvo sea la causa del historial de variación de la componente ancha en las líneas de emisión de NGC 2992. Además, estudios como Gilli et al. (2000) que muestran una fuerte correlación entre el flujo de la componente ancha de $H\alpha$ y el flujo de rayos X de la galaxia, son indicaciones adicionales de un origen intrínseco de la variabilidad nuclear de NGC 2992.

Asumiendo un escenario de variabilidad debida a cambios intrínsecos en la tasa de acreción del agujero negro y, por lo tanto, en la emisión del continuo ionizante, se espera que disminuciones en la magnitud nuclear

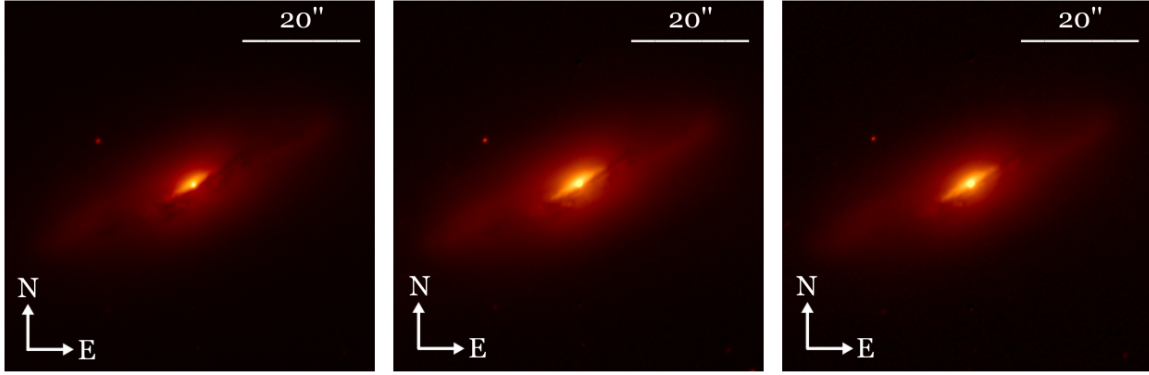


Figura 1: Imágenes de NGC 2992 obtenidas con el instrumento Flamingos-2 del observatorio Gemini Sur en enero de 2022 en banda J (*panel izquierdo*), banda H (*panel central*) y banda Ks (*panel derecho*), del infrarrojo cercano. Notar que una prominente banda de polvo atraviesa la región nuclear de NGC 2992. Las observaciones infrarrojas nos permiten disminuir la extinción en un 10 % respecto de la banda V del visual (Mathis, 1990).

acompañen la presencia de la componente ancha en las líneas de hidrógeno ionizado.

Hace dos décadas, Alonso-Herrero et al. (2001) reportaron una magnitud de NGC 2992 en la banda J de 12.34 ± 0.09 con observaciones del telescopio UKIRT en una apertura de $3''$, teniendo un valor de seeing de $0.7''$. En ese momento NGC 2992 presentaba componente ancha en $H\alpha$ y no en $H\beta$ (García-Lorenzo et al. 2001 & Gilli et al. 2000).

El objetivo de este trabajo es determinar si la presencia de la componente ancha en las líneas de hidrógeno ionizado, observada sistemáticamente en los últimos años ha sido acompañada por un aumento en el brillo nuclear de la galaxia. Para ello, se utilizan observaciones de NGC 2992 en el infrarrojo cercano correspondientes a enero 2022, que son comparadas con el reporte hecho por Alonso-Herrero et al. (2001).

2. Observaciones y reducción de datos

Las imágenes de NGC 2992 utilizadas en este trabajo corresponden a las bandas anchas J ($\lambda_c = 1.255 \mu\text{m}$), H ($\lambda_c = 1.631 \mu\text{m}$) y Ks ($\lambda_c = 2.157 \mu\text{m}$) del infrarrojo cercano (Fig. 1). Fueron tomadas en enero del año 2022 utilizando el instrumento Flamingos-2 (F2) ubicado en el telescopio de 8 metros del observatorio Gemini Sur, el cual posee un campo de visión circular de $6'$ (programa: GS-2021B-FT-210). El muestreo espacial es de $0.18'' \text{ pixel}^{-1}$ y los filtros de banda ancha abarcan un rango de longitud de onda total desde $0.9 \mu\text{m}$ hasta $2.5 \mu\text{m}$. El sistema fotométrico utilizado por F2 es *Mauna Kea Observatory* (MKO). El seeing de la noche de observación, obtenido a partir de ajustes gaussianos a las estrellas de campo presentes en la imagen de F2 en la banda J, fue de $0.55''$.

La reducción fotométrica se realizó con el *Software* de reducción DRAGONS (v3.0) (Labrie et al., 2019) que ofrece el observatorio de Gemini*. En cuanto a la cali-

*<http://www.gemini.edu/observing/phase-iii/understanding-and-processing-data/Data-Processing-Software>

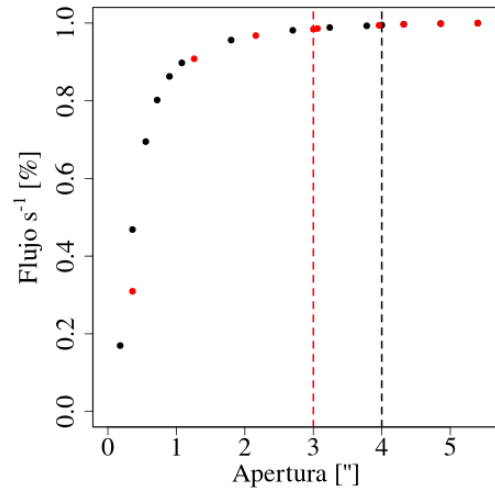


Figura 2: Promedio del flujo normalizado en función de la distancia al pico de emisión de la fuente puntual en cinco estrellas de campo. En negro: mediciones sobre la imagen original con un seeing de $0.55''$. En rojo: mediciones sobre la imagen degradada al seeing de $0.7''$ reportado por Alonso-Herrero et al. (2001).

Tabla 1: Magnitudes de NGC 2992 en banda J en el sistema fotométrico MKO.

Apertura "	Magnitud <i>mag</i>	Error <i>mag</i>
0.55	13.0	0.2
1	12.6	0.2
2	11.9	0.2

bración en flujo, el cero fotométrico para la imagen en banda J fue obtenido realizando una comparación entre las magnitudes instrumentales de cinco estrellas de campo, corregidas por apertura, y sus magnitudes en la banda J reportadas por 2MASS (Skrutskie et al., 2006) con precisión superior a 5σ y transformadas al sistema

Tabla 2: Comparación de la magnitud medida en una apertura de $3''$ en el sistema fotométrico MKO con Alonso-Herrero et al. (2001).

Fecha	Magnitud m_J	Error m_J	Referencia
04/1998	12.38	0.09	Alonso-Herrero et al. (2001)
01/2022	11.5	0.2	Este trabajo

fotométrico MKO según Leggett et al. (2006). Las magnitudes instrumentales fueron medidas en una apertura de $4''$ que contiene el 99.2% del flujo total de una fuente puntual para la imagen en banda J con un seeing de $0.55''$ (Fig. 2). Se obtuvo un valor de 26.66 ± 0.21 magnitudes para el cero fotométrico.

3. Resultados

En la Tabla 1 se reportan las magnitudes de NGC 2992 en banda J, corregidas por apertura y en el sistema fotométrico MKO, en tres aperturas diferentes. La apertura de $0.55''$ corresponde a la mínima dada por el seeing de la imagen y el resto de las aperturas se reportan para contribuir a futuras comparaciones. El error asociado a las magnitudes corresponden a la incertidumbre obtenida en el cero fotométrico, la cual representa la mayor fuente de error de la medición. Si bien las imágenes en los tres filtros fueron reducidas y utilizadas para la transformación entre sistemas fotométricos, sólo se realizó la medición de magnitudes en la banda J.

Con el objetivo de comparar con resultados anteriores, se degradó la imagen original de F2 al seeing reportado por Alonso-Herrero et al. (2001). Se midió la magnitud de la galaxia en una apertura de $3''$ que contiene el 98.5% del flujo total en la imagen degradada. Se realizó la corrección por apertura usando las mismas estrellas que para la calibración en flujo (Fig. 2). Además, se convirtió la magnitud en $3''$ en la banda J, reportada por Alonso-Herrero et al. (2001) del sistema fotométrico UKIRT al sistema fotométrico MKO, según la transformación de Leggett et al. (2006). Las transformaciones entre sistemas fotométricos fueron realizadas utilizando el Método Monte Carlo, asumiendo distribuciones gaussianas para cada parámetro teniendo en cuenta las incertezas de los mismos. Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 2. A partir de estos resultados, se encuentra una variación de 0.8 ± 0.3 magnitudes en banda J, indicando que NGC 2992 se encuentra en un estado de emisión mayor que hace 24 años.

4. Conclusiones

Con datos fotométricos del observatorio de Gemini Sur correspondientes a enero 2022, se midió la magnitud en

banda J de NGC 2992 en aperturas de $0.55''$, $1''$ y $2''$. Además, se comparó la magnitud en una apertura de $3''$ con un reporte anterior y se encontró una disminución de 0.8 ± 0.3 magnitudes en 24 años, sugiriendo un estado de emisión mayor en la actualidad. Este resultado está en concordancia con la presencia de la componente ancha de las líneas de hidrógeno ionizado en los espectros recientes de NGC 2992.

Sin embargo, sin datos en otras épocas no es posible distinguir si la variación corresponde a un cambio intrínseco en la tasa de acreción o a un cambio en el oscurecimiento por material en la línea de la visual. Por lo tanto, es necesario seguir monitoreando este núcleo para determinar si volverá a un estado de menor emisión o no. Esto, sumado a los períodos de tiempo involucrados arrojarán luz sobre la causa de la variabilidad.

En un futuro trabajo, se presentará el estado de la componente ancha en la línea de hidrógeno Bracket γ en espectros de banda K de NGC 2992.

Referencias

- Alonso-Herrero A., et al., 2001, AJ, 121, 1369
 García-Lorenzo B., Arribas S., Mediavilla E., 2001, A&A, 378, 787
 García-Bernete I., et al., 2015, MNRAS, 449, 1309
 Gilli R., et al., 2000, A&A, 355, 485
 Glass I.S., 1997, MNRAS, 292, L50
 Guolo M., et al., 2021, MNRAS, 508, 144
 Labrie K., et al., 2019, P.J. Teuben, M.W. Pound, B.A. Thomas, E.M. Warner (Eds.), *Astronomical Data Analysis Software and Systems XXVII, Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, vol. 523, 321
 Leggett S., et al., 2006, VizieR Online Data Catalog
 Marinucci A., et al., 2018, MNRAS, 478, 5638
 Mathis J.S., 1990, ARA&A, 28, 37
 Mingozi M., et al., 2019, A&A, 622, A146
 Onori F., et al., 2017, MNRAS, 468, L97
 Paturel, G., et al., 2003, A&A, 412, 45
 Schnorr-Müller A., et al., 2016, MNRAS, 462, 3570
 Shuder J.M., 1980, ApJ, 240, 32
 Skrutskie M.F., et al., 2006, AJ, 131, 1163
 Trippe M.L., et al., 2008, AJ, 135, 2048
 Veron P., et al., 1980, A&A, 87, 245
 Ward M., et al., 1980, MNRAS, 193, 563