

SNR 039.7-02.0 EN LA COLA DEL MANATI (SHO)

1. OBJETIVO.

Cuando empecé a hacer las primeras tomas de W50 no sabía qué estaba fotografiando. No se cómo el objeto apareció en mi lista de objetivos posibles en Cygnus. Tan solo estudié la foto de Maciej en Astrobin¹ (2021) (figura 1) y empecé. Con la foto en curso, encontré referencias en las que se identificaba W50 con la “Nebulosa del Manatí”, aunque ésta no se parecía en nada a la de Maciej ni a mis tomas. Tuve que estudiar un poco más. Conseguí aclarar en parte mis ideas sobre la naturaleza y topografía del objeto, pero encontré pocas imágenes amateur. Me intrigó ver qué podía conseguir en una composición con banda estrecha SHO, y me propuse continuar la captura mientras lo permitiera el avance del otoño.



Figura 1

Westerhout 50. Fotografía de Maciej, en Astrobin¹, 22/07/2021. LRGB+HII+OIII. Exposición 42 h 20 min

2. WESTERHOUT 50, SNR 039.7-02.0, SS 433 Y LA NEBULOSA DEL MANATI.

Tres preguntas:

- 1) ¿Qué son estos objetos?, ¿qué relación tienen?
- 2) ¿Cuál es su localización y topografía?
- 3) ¿Qué emisión en luz visible podemos intentar capturar?

Para responder me he limitado a revisar unas pocas referencias que contenían imágenes icónicas, mostrándolas en orden histórico.



Figura 2

Antena del radioobservatorio de Dwingeloo.

Fuente: Wikipedia.

En 1956 se terminó de construir en el noreste de Holanda el radioobservatorio de Dwingeloo. Estaba dotado de una antena única de 25 metros, con un ancho de haz de 0.57° y una frecuencia de 1390 Mc/s (figura 2). En su momento fue el radioobservatorio más grande del mundo ². Su primera tarea fue llevada a cabo por Gart Westerhout, realizando un rastreo de fuentes de radio discretas a lo largo de la cresta de nuestra galaxia. Su trabajo se publicó en 1958 ³, y catalogaba 82 fuentes. De ellas, 32 están asociadas con nebulosas Sharpless, Gum o RCW. Al menos 16 fuentes están asociadas con importantes regiones de formación estelar y HII de la Vía Láctea que no aparecen en los catálogos Sharpless, Gum o RCW. Otras 9 fuentes parecen ser restos de supernovas no asociadas con nebulosas en los catálogos Sharpless, Gum o RCW. Westerhout 50 (W50) pertenece a este último grupo, y se asocia al resto de supernova SNR 039.7-02.0. Esta estrella explotó hace unos 20000 años. El agujero negro restante se alimenta de una estrella vecina constituyendo un microcuásar. Las partículas atrapadas se acumulan en un disco de acreción alrededor del agujero negro residual, girando rápidamente en un periodo orbital de casi 14 días. Se crea un enorme campo magnético cuyas líneas canalizan las partículas hacia el exterior en dos potentes chorros que viajan a la velocidad de la luz. Este sistema brilla intensamente tanto en ondas de radio como en rayos X, y se conoce colectivamente como microcuásar SS 433 (Stephenson Sanduleak 433). SNR 039.7-02.0 es uno de los restos de supernova más grandes que se conocen, con un diámetro mayor de unos 700 años luz, y ocupa unos 2° en el cielo.

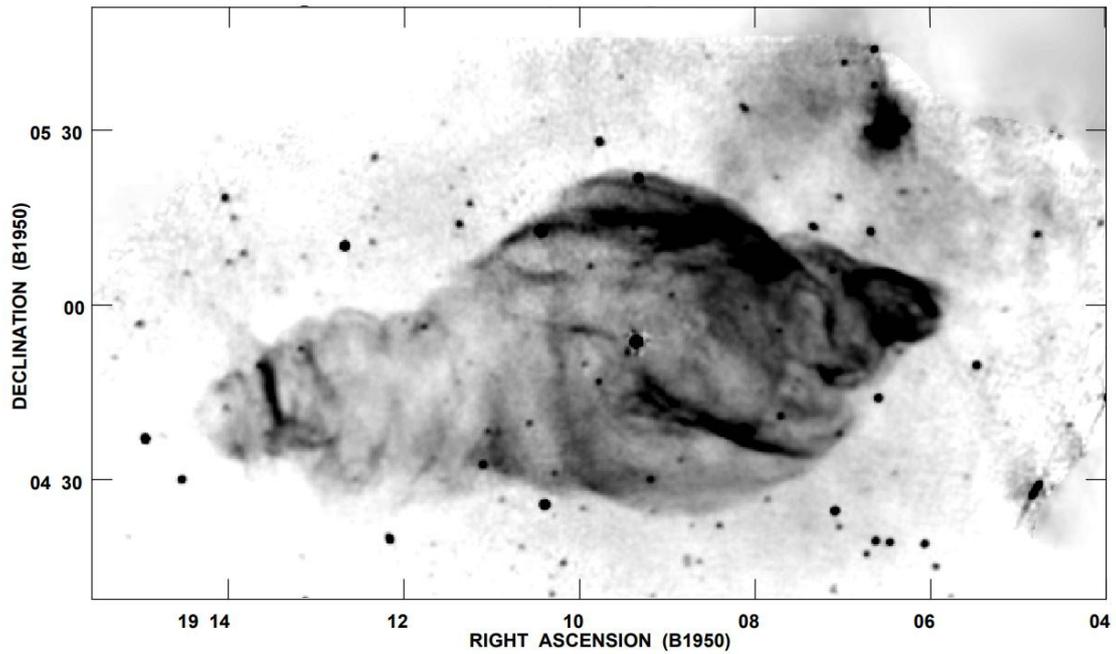


Figura 3

Dubner et al. 1998⁴. VLA radio continuum image of W50 at 1465 MHz represented in gray scale. The gray scale varies from 1 to 25 mJy beam⁻¹.

©1998. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in U.S.A. Reproducido con permiso del primer autor.

Hubo que esperar a disponer de una resolución mayor para que W50 se convirtiera en una imagen. El Karl G. Jansky Very Large Array (VLA), pertenece al National Radio Astronomy Observatory (NRAO). Es un conjunto de 28 antenas de radio de 25 m dispuestas en Y, situado en el desierto de Nuevo Méjico. Su resolución es de 0.2 arcseconds a 0.04 arcseconds. En 1998 GM Dubner et al⁴ (figura 3) compusieron imágenes de W50 utilizando datos del VLA. Se perfila claramente la forma, con un círculo roto en los extremos por protuberancias contrapuestas, y una apariencia helicoidal visible en la parte este.

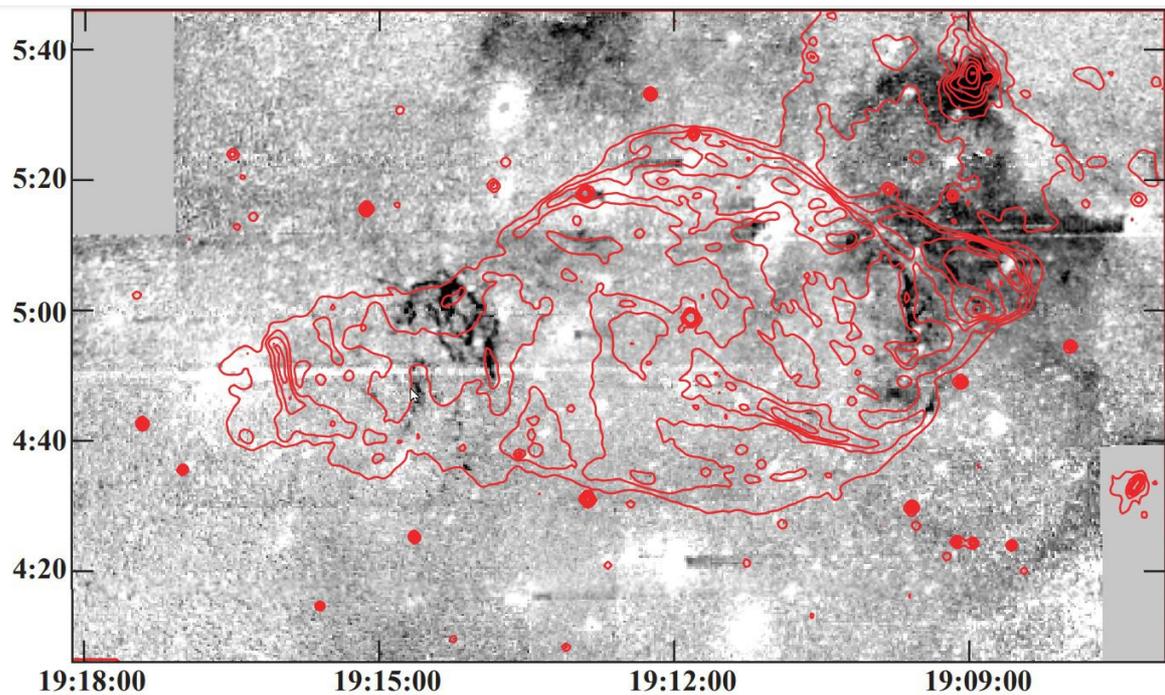


Figura 4

P. Boumis et al. 2007⁵. The correlation between the $\sim 2.^\circ 3 \times 2.^\circ 5$ negative continuum-subtracted mosaic of W50 in

the light of $H\alpha + [N II]$ and the radio emission at 1465 MHz (solid lines). The 1465 MHz (Dubner et al. 1998) radio contours scale linearly from 1×10^{-2} to 0.1 Jy beam^{-1} . The strong radio source to the north-west is LBN 109 (see the text). The image has been smoothed to suppress the residual from the imperfect continuum subtraction. The horizontal line segments seen near overexposed stars in this figure and the next figures are due to the blooming effect. The optical features are shown in detail in Figs 2(b) and 3(b).

© 2007 The Authors. Journal compilation © 2007 RAS. Reproducido con permiso del autor principal.

En 2007 Boumis et al.⁵ (figura 4) estudiaron la interacción entre los chorros del microcuasar SS 433 y Westerhout 50, obteniendo imágenes en HII, OIII y NII que superpuso a las de radio de Dubner. Sus imágenes muestran la concentración de material visible en los extremos de W50. El cuerpo central esférico y con escasa señal visible representa la esfera no deformada de expansión de la supernova. En la imagen HII superpuesta a la de radio existe además una concentración de señal de radio en el noroeste correspondiente a LBN 109, mientras que en la cola se define la imagen publicada en Astrobín por Maciej en 2021 y la mía.

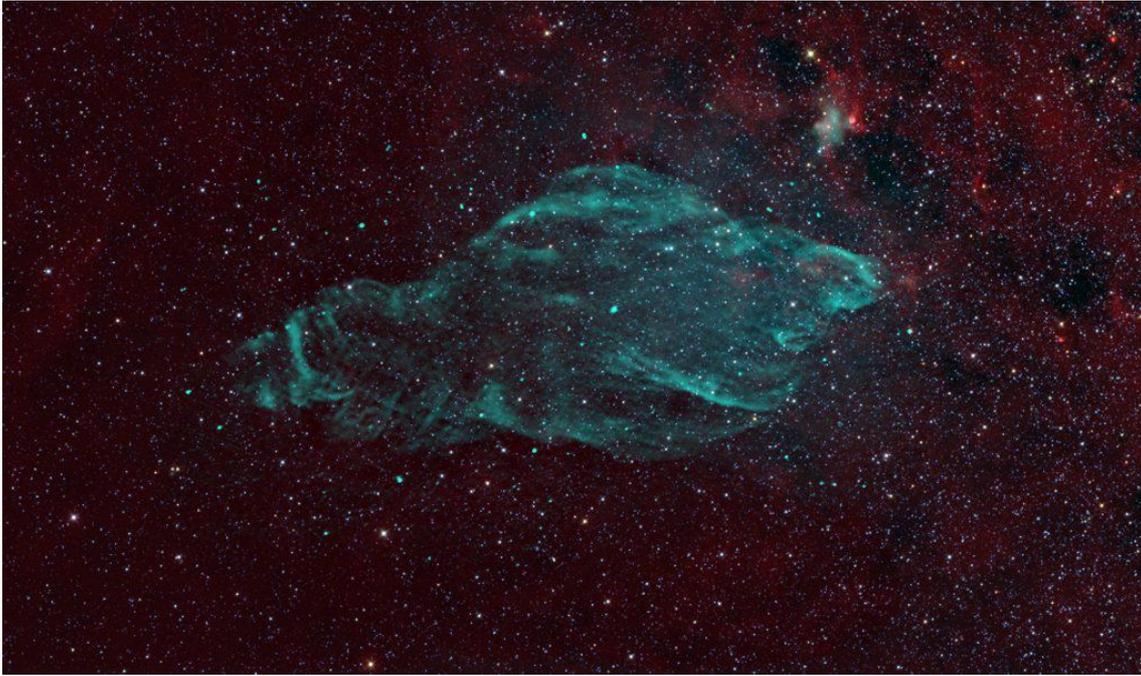


Figura 5

The Manati Nébula.

**Image Credits: NRAO/AUI/NSF, K. Golap, M. Goss; NASA's Wide Field Survey Explorer (WISE)
Copyright © 2024 Associated Universities, Inc. / Credit: B. Saxton, (NRAO/AUI/NSF) from data provided by M. Goss, et al.**

En 2011 B. Saxton y M. Goss obtuvieron con el VLA la imagen de W50 que le daría el nombre de "Nebulosa del Manatí" ⁶ (figura 5). En la imagen la emisión de radio aparece en verde sobre un fondo de infrarrojo y polvo. Al igual que la imagen de Dubner, muestra como con los chorros del microcuasar se han abierto paso a través de los gases en expansión de la burbuja de la supernova y han creado protuberancias hacia ambos lados, creando un perfil semejante a un caracol marino. Los movimientos de peonza de los chorros forman dibujos en forma de sacacorchos. Al ver esta imagen, Heidi Winter, asistente ejecutiva del director, captó su semejanza con un manatí. La NRAO, en colaboración con el U.S. Fish and Wildlife Service, propuso el nombre de Nebulosa del Manatí para W50, e hizo su presentación durante el annual Manatee Festival, in Crystal River, Florida.

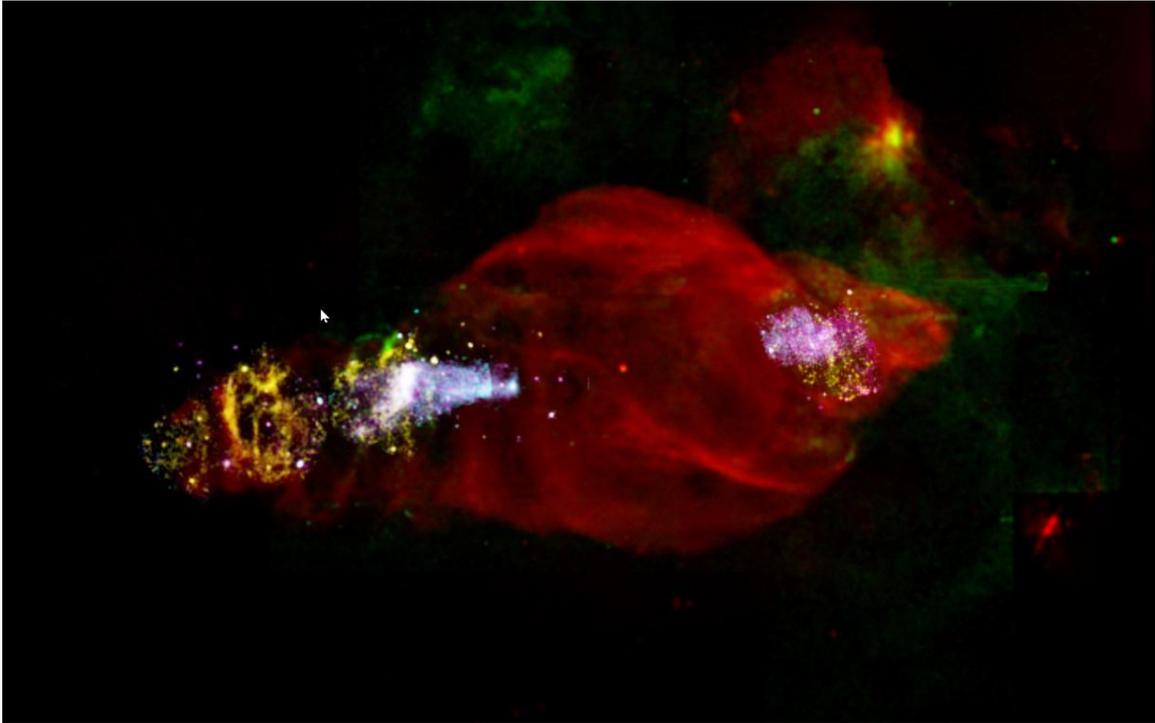


Figura 6

Safi-Harb S, et al. 2022.⁷ Multi-wavelength image of the W50 nebula. Red: Radio (Dubner et al. 1998), Green: Optical (Boumis et al. 2007), Yellow: Soft X-rays (0.5–1 keV), Magenta: Medium energy X-rays (1–2 keV), Cyan: Hard X-ray emission (2–12 keV). The eastern lobe X-ray image highlights the XMM-Newton data presented in this work (with the brightening at the edge of the field of view cropped here to highlight the source emission). The western lobe X-ray image shows only partial Chandra coverage of part of the nebula (Moldowan et al. 2005).

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac7c05>. Licence: Creative Commons Attribution 4.0 licence (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

En 2022 S. Safi-Harb et al.⁷ realizaron un estudio sobre la emisión de rayos X en el lado este de W50, y compusieron una imagen multi-longitud de onda (figura 6). Superpusieron los datos de rayos X, radio y luz visible de otros autores a los suyos propios. La imagen es muy llamativa y demostrativa. Las zonas en verde son las de espectro de luz visible.

Así pues, W50 es una radiofuente, la Nebulosa del Manatí es la imagen de W50 en emisión de radio, SNR 039.7-02.0 es un resto de supernova accesible a astrofotografía, y SS 433 es el microcuasar responsable de las particularidades de esta SNR.

3. CAPTURA Y PROCESADO DE LA IMAGEN.

Tomé mi imagen entre el 8 de octubre y el 1 de diciembre de 2023. Después el objeto ya estuvo demasiado bajo y la contaminación lumínica del horizonte me impidió continuar. Entorno suburbano a 8 Km de la ciudad de Alcoy (Alicante, España). Utilicé un tubo Orion Optics UK con corrector Orion UK Winne 0.95 y una cámara QHY 268M (pixel size 3.76 μm), sobre montura Swy-Watcher EQ8-R Pro y autoguiado con refractor 60/120 y cámara ZWO ASI 120 MM. Filtros: Baader HII 7 nm 2", Baader OIII 8.5 nm 2", Omegon SII 12 nm 2". Las tomas fueron de 5' en bin X2, con Gan 56 y Offset 80, Tª -10°C. Dither cada 3 tomas. Añadí tomas de 30' en RG para las estrellas. El resumen de la captura fue:

H: 298 x 300s = 1490m = 24 h 50 m
O: 10 x 600s + 196 x 300s = 1080m = 18 h
S: 188 x 300s = 960m = 15 h 40 m
Total HSO : 58 h 30 m
B: 73 x 30s = 36.5m
G: 64 x 30s = 32m
R: 75 x 30s = 37.5m
Total RGB: 106m = 1h 46m
Total de la captura: 60 h 16 m

La calibración se hizo sin darks, con 100 tomas bias y 100 tomas flat por cada filtro. El preprocesado y el procesado se hicieron con PixInsight Core Ripley v.1.8. Utilicé las imágenes apiladas con drizzle x2.

Las imágenes mostraban una muy alta densidad de estrellas ocultando la nebulosa. En primer término, una nube bien definida de estrellas (figura 7) se superponía a la nebulosa cruzando de noroeste a sudeste (el óvalo marca la localización de la señal propia de la nebulosa). El fondo está ocupado por multitud de estrellas rojizas debido a los fenómenos de absorción de radiación. La estrella azul de la izquierda es 22 Aqu, de magnitud 5.64. Los gradientes no eran intensos, y se adivinaba un fondo no uniforme, con débiles nebulosidades.



Figura 7

Imagen RGB con tomas cortas para la captura de estrellas. Procesado: ABE de los masters R, G y B, , LinearFit, fusión RGB, SPCC y estirado de la STF. La elipse representa la localización de W50. Las flechas marcan un área delimitada de mayor densidad estelar. Plate Solve con PixInsight: distancia focal 941.06 mm, pixel size 3.76 mcm, resolución 0.824 arcsec/pix, rotación -176.621, centro RA 19 14 18.065, Dec + 4 57 51.54, campo de visión 1° 21' 3.2" x 52' 6.8".

Eliminé las estrellas de los másters S, H y O como primer paso tras el recorte, y procesé los canales de forma independiente hasta su estirado. El color se obtuvo con paleta SHO sin modificación en PixelMath, combinando las imágenes HSO casi completamente procesadas. La tonalidad fue modificada tras la combinación por motivos estéticos.

En los máster la señal era pobre pese a la larga exposición. La imagen en HII mostraba una estructura filamentosa compleja con nebulosidades ténues en el fondo. En la imagen OII se marcaba un arco bien definido en el borde de las estructuras visibles en HII. La imagen SII registró poca señal pese a no ser un filtro especialmente restrictivo (12 nm), en forma de núcleos dispersos coincidentes también con estructuras visibles en HII sin apenas señal en el fondo. Estos son los master de banda estrecha sin procesar, con estirado de las imágenes de STF (figuras 8-10):

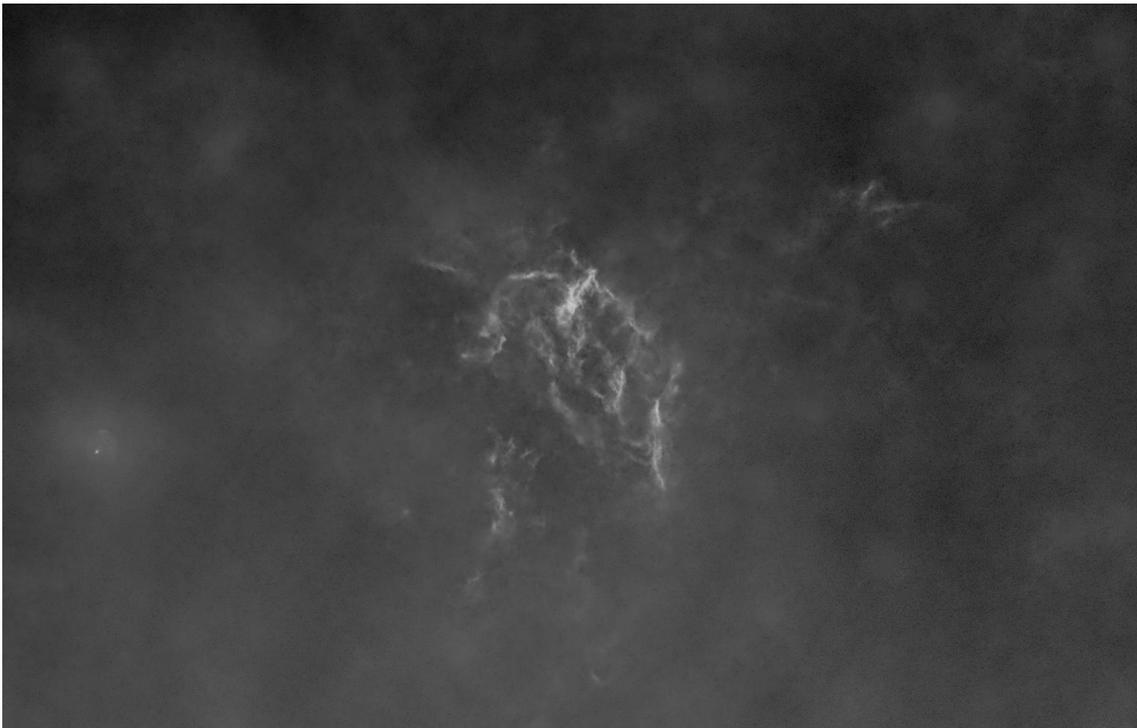


Figura 8

HII (mean 0.0026817, median 0.0026799, sd 0.0000388). Plate solve igual a RGB.



Figura 9

OIII (mean 0.0046268, median 0.0046263, sd 0.0000507). Plate solve igual a RGB.



Figura 10

SII (median 0.0037604, 0.0037628, sd 0.0000499). Plate solve igual a RGB.

En el procesado de cada canal se siguió la secuencia: 1) retoque de los halos restantes tras StarXTerminator con CloneStamp. 2) Background modelization con GraXpert v. 2.2.2. 3) Deconvolucion suave con BlurXTerminator. 4) Reducción de ruido con NoiseXTerminator. 5) Delinearizacion con GHS. 6) Ajuste de luminancias con Curves. 7) Nuevo ajuste de deconvolución y ruido sobre el canal H para su uso como luminancia. 9) Nuevo ajuste de ruido sobre H, S y O. 8) Fusión SHO con PixelMath.

Con la imagen SHO: 1) Cambio de tonalidad con Curves-Hue y SNCR. 2) Uso como crominancia sobre la imagen H. 3) Fusión de estrellas RGB. 4) Recorte final. 5) Nueva deconvolución con BlurXTerminator. 6) Contraste con Curves.

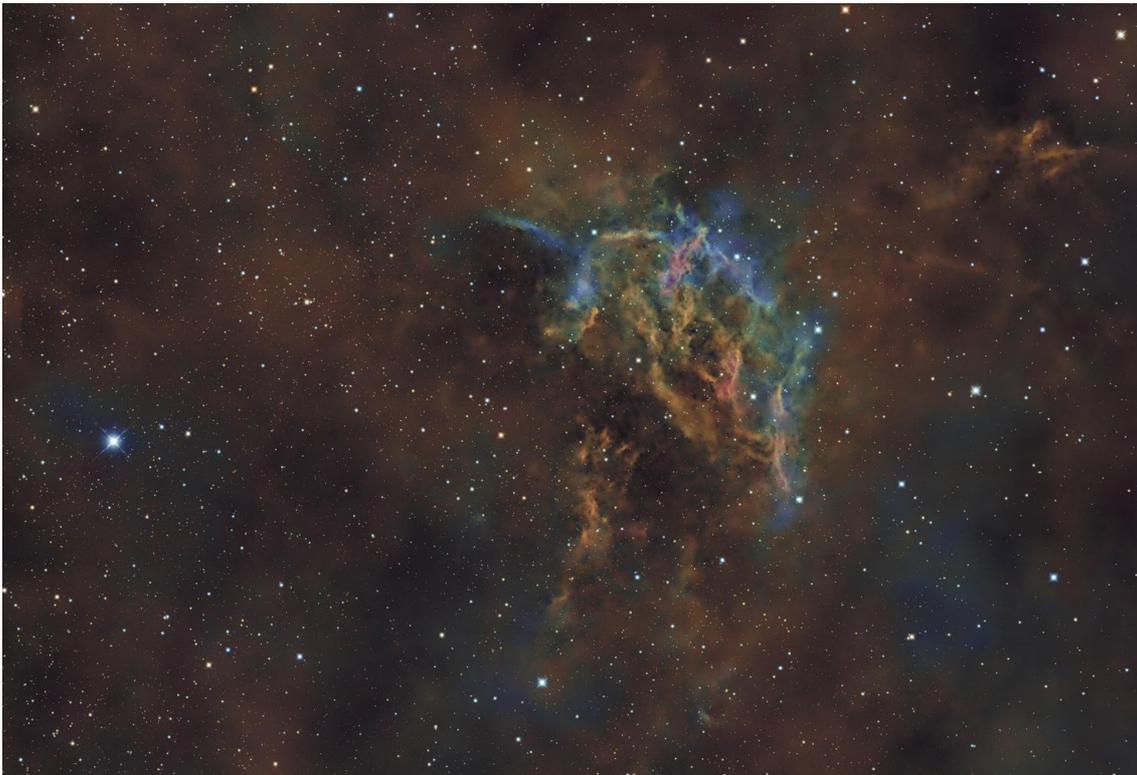


Figura 11

Imagen final: W50 / SNR 039.7-02.0 (región este) en SHO.

Plate Solve (PixInsight, Image Plate Solver script version 5.6.6):

Rotation 3.389 deg
 Reference system ICRS
 Observation start time ... 2023-10-01 12:00:00 UTC
 Focal distance 951.04 mm
 Pixel size 3.80 um
 Field of view 1d 7' 39.8" x 46' 25.7"
 Image center RA: 19 14 42.592 Dec: +4 54 39.02 ex: +0.029889 px ey: +0.006393 px
 Image bounds:
 top-left RA: 19 17 03.670 Dec: +5 15 47.82 ex: -0.065841 px ey: -0.074108 px
 top-right RA: 19 12 32.436 Dec: +5 19 48.81 ex: +0.014836 px ey: +0.002580 px
 bottom-left RA: 19 16 52.484 Dec: +4 29 28.25 ex: +0.074580 px ey: -0.001326 px
 bottom-right RA: 19 12 21.596 Dec: +4 33 28.28 ex: +0.054936 px ey: -0.003482 px

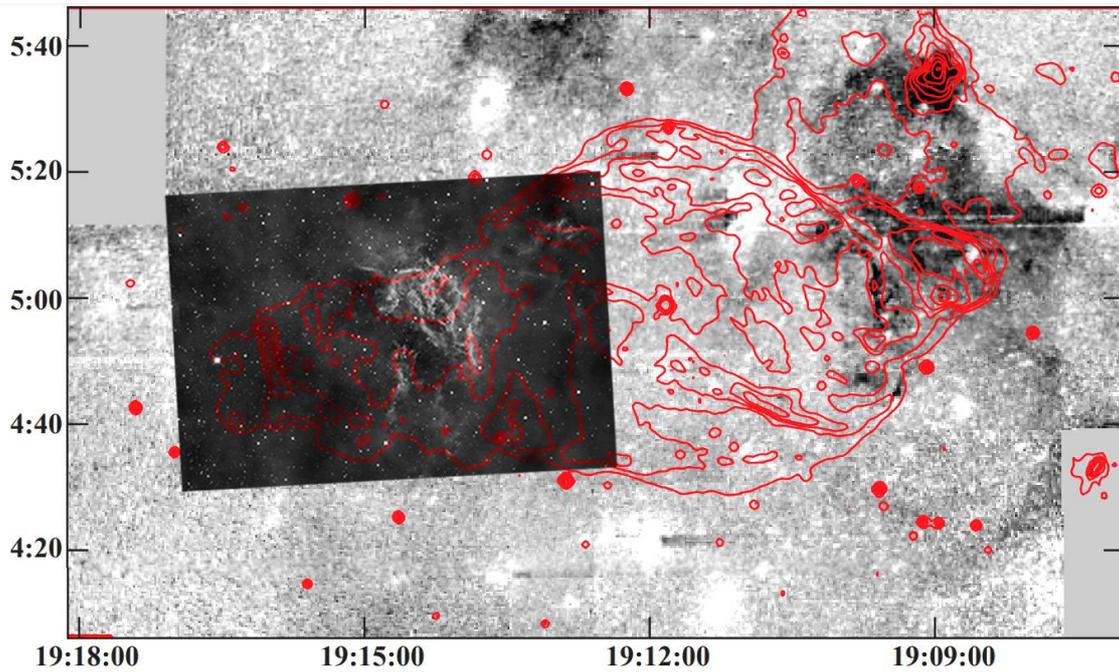


Figura 12

Luminancia de la fotografía en SHO superpuesta a la de P. Boumis, 2007⁵ (HII+NII + emisión de radio [Dubner⁴, 1998])

4. COMENTARIO.

La fotografía (figura 11) corresponde a la región este (figura 12), 10 veces más densa que la opuesta. La imagen obtenida es propia de un SNR, con una estructura filamentosa compleja, emisión en HII, un frente brillante OIII y pobre emisión en SII. Pero hay llamativas diferencias respecto a otras SNR. W50/ SNR 039.7-02.0 se encuentra a 18000 años luz de nosotros, con una inclinación de solo -2.27° sobre el plano galáctico. Se interponen por ello densas regiones

de gas, polvo y estrellas. Se produce una gran absorción de radiación, con lo cual la imagen que observamos está parcheada. Las regiones visibles se concentran en los extremos este y oeste, donde el chorro procedente del cuasar SS 433 interactúa y rompe la burbuja de expansión de la supernova. En estas regiones, donde el material está comprimido, se deberían crear zonas de emisión de forma anular. El centro de la burbuja situado en el oeste, a la derecha, fuera de la imagen. Observamos que el arco de la nebulosa en HII y su frente en OIII tienen la convexidad orientada hacia el centro (no hacia el exterior), una forma elíptica (no anular) y una estructura distorsionada e incompleta. Estas anomalías se explican 1) porque los filamentos de emisión siguen las líneas helicoidales de la emisión de radio, 2) el eje del chorro del cuasar se dirige hacia el observador, y 3) porque los fenómenos de absorción producen una imagen parcheada (Boumis et al ⁵).

5. CONCLUSIÓN.

W50, una fuente de radio, puede ser un objeto visual apto para los astrofotógrafos aficionados. Evidentemente no veremos el manatí. Capturaremos los restos de la supernova SNR 039.7-02.0 con brillantes regiones de emisión excitadas y distorsionadas por los jets del microcuasar SS 433. Es grande y débil, y ante ella se interponen multitud de estrellas y de material interestelar que ocultan buena parte de su estructura.

REFERENCIAS

- 1- <https://www.astrobin.com/a60apr/>
- 2- Westerhout G., 1958, Bull. Astron. Inst. Netherlands, vol.14, p.215, "A Survey of the Continuous Radiation from the Galactic System at a Frequency of 1390 Mc/s."
- 3- <http://galaxymap.org/drupal/node/32>
- 4- Dubner GM, et al. A high-resolution radio study of the W50-SS 433 system and the surrounding medium. The Astronomical Journal, 116:1842-1855, 1998 October
https://www.astroexplorer.org/details/10_1086_300537_fg3.
- 5- P Boumis et al. Deep optical observations of the interaction of the SS 433 microquasar jet with the W50 radio continuum shell. Mon. Not. R. Astron. Soc. 381, 308–318 (2007)
<https://academic.oup.com/mnras/article/381/1/308/998595>.
- 6- <https://public.nrao.edu/gallery/w50-the-manatee-nebula/>
- 7- Safi-Harb S, et al. Hard X-Ray Emission from the Eastern Jet of SS 433 Powering the W50 "Manatee" Nebula: Evidence for Particle Reacceleration. The Astrophysical Journal, 935:163 (14pp), 2022 August 20.

<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac7c05> .

<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ac7c05>