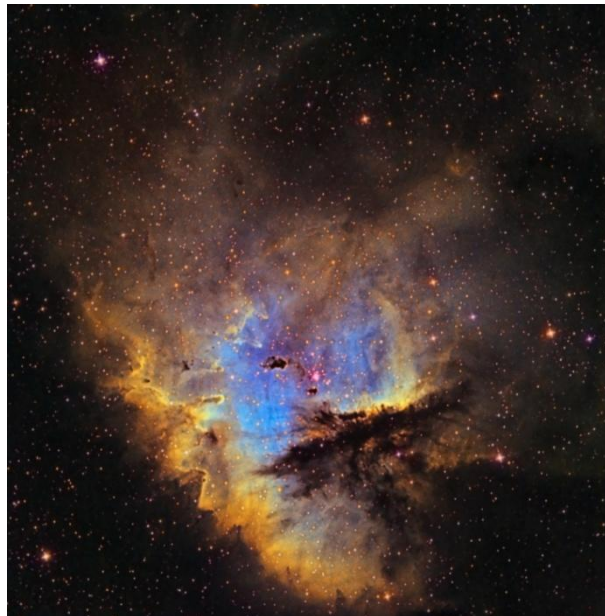


Combinación de imágenes con filtros de banda estrecha



Ivette Rodríguez y Oriol Lehmkuhl

Septiembre, 2008

Introducción

La fotografía en banda estrecha es diferente a la fotografía con filtros de banda ancha por cuanto lo que hacemos es construir una imagen en color utilizando los datos obtenidos a partir de filtros que captan emisiones discretas, es decir solamente en unas longitudes de onda determinadas del espectro visible. Los filtros más comunes utilizados por astrónomos aficionados son el de H α (653.6nm), el de [OIII] (495.9nm y 500.9nm) y el de [SII] (671.6nm y 673.1nm).

Como ya habíamos comentados en un artículo anterior, es muy importante la selección del objeto de cielo profundo candidato a una imagen de banda estrecha, de esta manera evitaremos exponer durante horas un objeto que no emite en la banda que estamos fotografiando. Resumiendo lo expuesto en *“Introducción al narrowbanding”*:

- **Las nebulosas de emisión**, suelen ser objetos ricos en H α y en los que podemos además encontrar trazas de Oxígeno y Azufre ionizados ([OIII], [SII]). Dentro de las nebulosas de emisión existen aquellas que tienen un cúmulo central de estrellas jóvenes, que emiten radiación ultravioleta que ioniza el oxígeno, de ahí que la región central de este tipo de nebulosas es rica en [OIII]. Por otra parte, en las regiones exteriores de la nebulosa se erigen frentes de emisión donde el gas tiene una transición muy acusada de gas ionizado a parcialmente ionizado. Estos frentes son ricos en [SII].
- **Las nebulosas planetarias**, a diferencia de las estrellas que les dieron origen y que emiten en continuo, estas nebulosas tienen el espectro alterado y suelen emitir en bandas discretas, fundamentalmente H α , H β , NII (normalmente suele ser captado en el ancho de banda del filtro de H α) y [OIII]. No suele haber cantidades representativas de [SII] en estos objetos.
- **Los remanentes de supernovas**, suelen ser abundantes en H α y [OIII], aunque también emiten [SII].
- **Nebulosas de reflexión y galaxias**, suelen emitir fundamentalmente en continuo por lo que no son objetos propicios para fotografía en banda estrecha.

Paletas de colores más comunes

Las imágenes captadas con filtros de banda estrecha no pretenden reproducir el color que nuestros ojos captarían. De hecho, al captar líneas de emisión a diferentes longitudes de onda las imágenes resultantes con este tipo de filtros lo que consiguen es la separación de los diferentes componentes de las nebulosas y por tanto su mejor representación. Las imágenes captadas con cada filtro, para su representación en un espacio de colores RGB son asignadas a cada canal, en dependencia de lo que su autor pretenda conseguir, de una manera arbitraria, de ahí que se les suela también llamar fotografía en **falso color**.

A continuación describimos algunas de las paletas de color más habituales utilizadas en astrofotografía. La denominación de cada paleta está determinada por la asignación de cada línea de emisión a un canal. Así por ejemplo, la paleta HOS significa que asignaremos el $H\alpha$ al canal rojo, el [OIII] al canal verde y el [SII] al canal azul (HOS->RGB).

HOS

En esta paleta asignamos el $H\alpha$ (generalmente la línea de emisión más abundante) al canal rojo, de manera que el resultado final en la nebulosa será con una dominante hacia el rojo debido a que la abundancia de $H\alpha$ (de color rojo) en la misma.

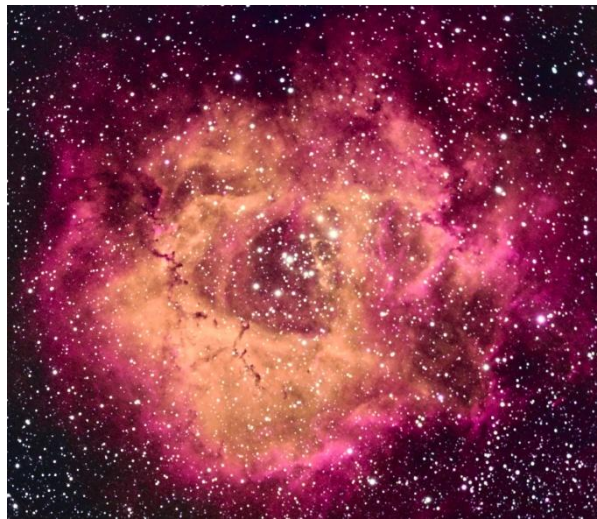


Figura 1. La nebulosa de la roseta con la paleta HOS

SHO

Esta paleta es también conocida como la “paleta Hubble” ya que fue la paleta usada en la famosa imagen de los Pilares de la Creación en M16 (la nebulosa del águila). La asignación de colores de esta paleta está basada en la longitud de onda de cada línea de emisión. En este caso, los colores son asignados de mayor longitud de onda a menor, es decir el [SII] que es el que mayor longitud de onda tiene es asignado al rojo, el $H\alpha$ es asignado al verde y el [OIII] que tiene menor longitud de onda al azul.

Las imágenes obtenidas con esta combinación de colores suelen ser bastante difíciles de procesar debido a una dominante verde (debido a la mayor presencia de $H\alpha$ en las nebulosas) y a la aparición de halos de color fucsia en las estrellas debido a la presencia en las mismas de [SII].

No obstante, si se consigue lidiar con sus defectos manteniendo a raya las estrellas y resaltando los frentes de emisión donde aparece el [SII], se consigue una agradable sensación de tridimensionalidad con una muy buena separación de los componentes de la nebulosa.

Esta paleta es una de nuestras preferidas. En realidad pensamos que todas aquellas nebulosas de emisión con cúmulos de estrellas centrales (abundantes en oxígeno ionizado) y marcados frentes de transición de gas ionizado a parcialmente ionizado en la periferia (abundantes en [SII]) son excelentes candidatas para ser representadas con la paleta Hubble. Ejemplo de este tipo de nebulosas se muestran en las imágenes siguientes.

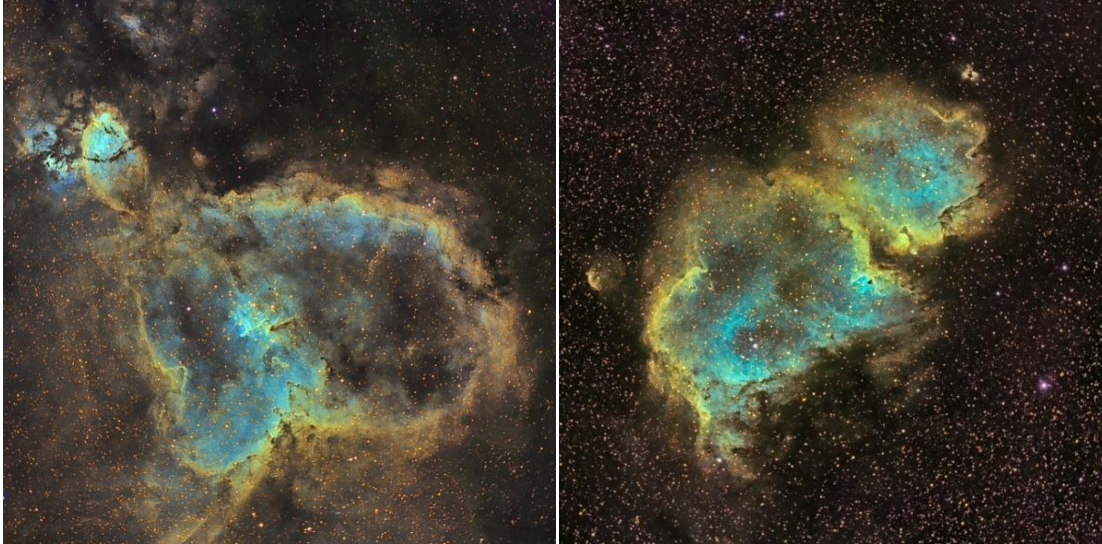


Figura 2. Las nebulosas del corazón (IC1805) y del alma (IC1808) con la paleta Hubble (SHO)

Existen otras paletas que suelen ser bicolors, en donde generalmente se capta la señal de los dos canales más dominantes, es decir el $H\alpha$ y el [OIII] y a partir de ambos se construye un tercer canal ficticio. Este tipo de paletas suele quedar bien en el caso de nebulosas planetarias y algunos remanentes de supernovas como la nebulosa de los velos. En este tipo de objetos la presencia de [SII] es bastante exigua y representa una solución a emplear largas hora captando la señal de un tercer canal prácticamente inexistente. A continuación relacionamos algunas de estas combinaciones.

HOO

Un aspecto a tener en cuenta cuando hacemos fotos de objetos con gran cantidad de [OIII] en su composición, como es el caso de nebulosas planetarias y remanentes de supernovas, es intentar representar el [OIII] con su color real. El color del [OIII] es un azul turquesa que tiene un 50% de azul y un 50% de verde en su composición. De esta manera, al usar una paleta del tipo **HOO** estamos asignando ambas líneas de emisión a sus colores reales, es decir, el $H\alpha$ al rojo y el [OIII] al estar representado en el canal verde y azul en la misma proporción, al azul turquesa. Un ejemplo de esta paleta es la foto que se muestra a continuación:

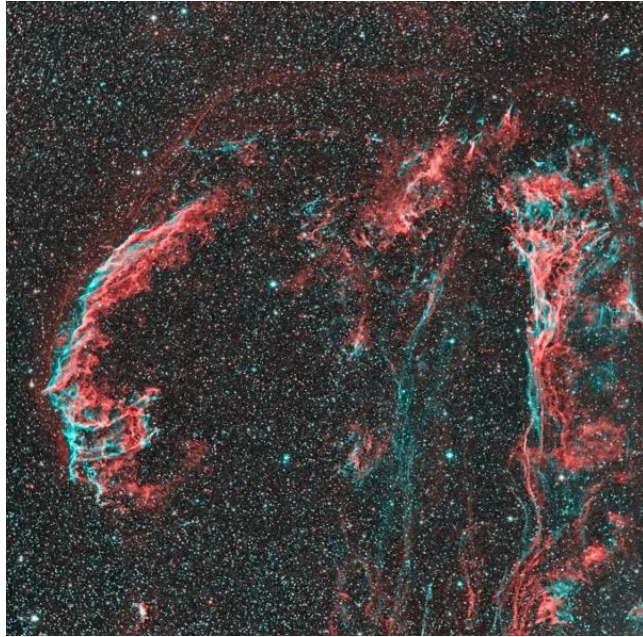


Figura 3. La nebulosa de los velos con una paleta bicolor HOO

HO(O+0.3H)

La idea de esta paleta tiene un doble objetivo: por una parte mantener tanto el $H\alpha$ como el [OIII] en sus colores originales (rojo y turquesa respectivamente) y a la vez generar un canal azul ficticio compuesto por una parte de [OIII] y la otra un 30% de $H\alpha$. El valor asignado del 30% de $H\alpha$ no es arbitrario, sino que tiene un fundamento físico. En realidad se sabe que la proporción de $H\alpha$ a $H\beta$ en las nebulosas es aproximadamente de 3:1. El $H\beta$ se encuentra igualmente en nebulosas de emisión, correspondiendo a una longitud de 486.5nm y por tanto de color azul. En realidad, esta línea de emisión cuesta bastante más de captar debido a que el azul es dispersado por las nubes de polvo de las propias nebulosas. No obstante, siguiendo la proporción física se puede hacer una estimación del canal azul a partir del $H\alpha$.

Esta paleta se acerca bastante al color real de la nebulosa. Un ejemplo se muestra en la siguiente figura. En realidad en la imagen representada hemos añadido los datos de [SII] al canal rojo, aún cuando la información adicional que añade este filtro al resultado final no es significativa.

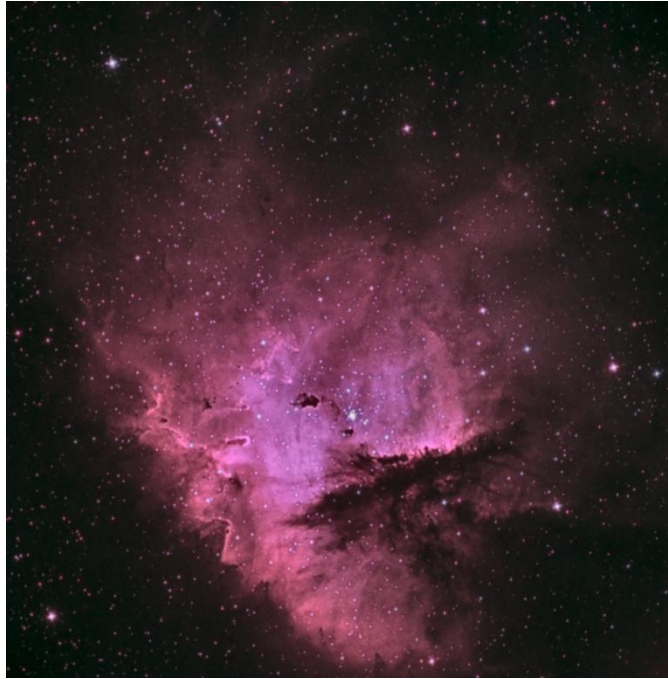


Figura 4. Nebulosa del come-cocos representada con la paleta HO(O+0.3H)

Paletas a la carta en falso color

La combinación de colores utilizando filtros de banda estrecha suele ser bastante creativa, ya que permite crear cualquier tipo de combinación, en dependencia de lo que el autor de la foto pretenda destacar.

A continuación explicaremos como crear una paleta de colores a la carta. Este procedimiento está inspirado en el propuesto por Juan Conejero en su tutorial *NGC 5189 from Gemini Observatory South: Deconvolution and HDRWaveletTransform in PixInsight* (<http://pixinsight.com/examples/deconvolution/Gemini-NGC5189/en.html>).

Para crear nuestra paleta haremos servir el programa PixInsight versión 1.2, que es el programa de procesamiento que los autores utilizan regularmente en sus imágenes. Utilizaremos además como ejemplo una imagen del campo alrededor de la nebulosa del creciente, compuesta por 6x900s de H α , 6x900s de [OIII] y 10x900s de [SII].

La idea de crear tu propia paleta, consiste en destacar aquellos elementos que más desees a la vez de dar unas tonalidades agradables a la imagen. El caso de esta imagen es un tanto curioso por cuanto consta de un inmenso “mar” de H α dominando todo el fondo de la imagen, con algún frente de emisión con transiciones que presenta cierta cantidad de [SII] y la nebulosa del creciente que tiene bastante información tanto en los canales H α como el [OIII].

De hecho, esta nebulosa es una estrella Wolf-Rayet, el último estadio de una estrella masiva antes de explotar en una gigantesca supernova, y que ha expulsado sus capas exteriores como si de una coraza se tratara. Esta zona de la imagen contiene muchos detalles de [OIII] por cuanto la nebulosa está envuelta en una especie de velo de oxígeno ionizado (ver imagen

abajo). En la imagen, los datos en bruto están ajustados con la misma función de transferencia de manera que se haga posible su comparación. Como se puede apreciar existe una diferencia notable entre la señal captada con los filtros H α y [OIII] respecto a la captada con el filtro de [SII].

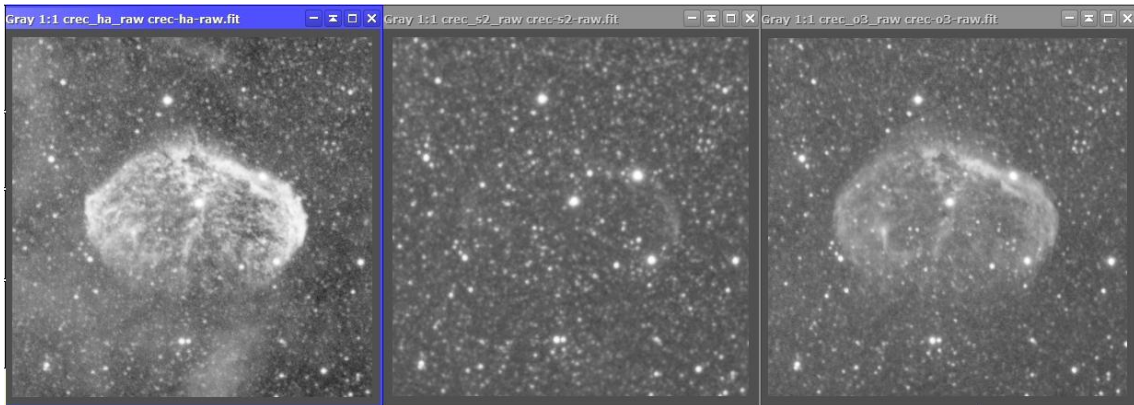


Figura 5. Nebulosa del creciente. Imágenes en H α , [SII] y [OIII] respectivamente.

Estas características hacen que el uso de una paleta tipo Hubble en este campo no sea lo más agradable a la vista (debido a la fuerte dominancia del verde del fondo) a la vez que al poner el H α en el verde hace que se pierda todo el detalle del velo que envuelve a la nebulosa del creciente. Es por eso, que hemos escogido una paleta a la carta con la intención de separar claramente las líneas de emisión del hidrógeno y el oxígeno, a la vez que se le pretendía dar al fondo un todo más rojizo semejante al que podría tener en color real.

La paleta escogida asigna el [SII] al granate, el H α al rojo y el [OIII] al turquesa. El granate está compuesto de una mezcla de rojo y verde. Nosotros hemos escogido una tonalidad con una relación 80% - 20% respectivamente. Por otra parte, el turquesa es una mezcla de verde y azul al 50%. Con estos porcentajes en mente procederemos de la siguiente manera para construir nuestra imagen RGB:

- Rojo = $Ha + 0.8 [SII]$ representa el 100% del Ha y el 80% del [SII] correspondiente al rojo y que nos acabará dando esa tonalidad granate para los datos captados por el filtro [SII]
- Verde = $0.2 [SII] + [OIII]$ Compuesto por el 20% de [SII] que necesitamos para completar el granate de este filtro y el porcentaje correspondiente del turquesa del filtro [OIII]
- Azul = $[OIII]$ El otro porcentaje necesario para dar la tonalidad turquesa

Para obtener nuestra imagen resultante en color, pues sencillamente procedemos en PixelMath a introducir nuestras fórmulas en cada canal (rojo, verde y azul, respectivamente).

Con este procedimiento es posible crear prácticamente cualquier paleta de color a partir de los datos primarios de nuestros filtros de banda estrecha, lo único que necesitamos saber es que porcentaje de RGB tiene el color al que deseamos asignar la imagen del filtro correspondiente. El resultado obtenido con esta combinación es el siguiente:

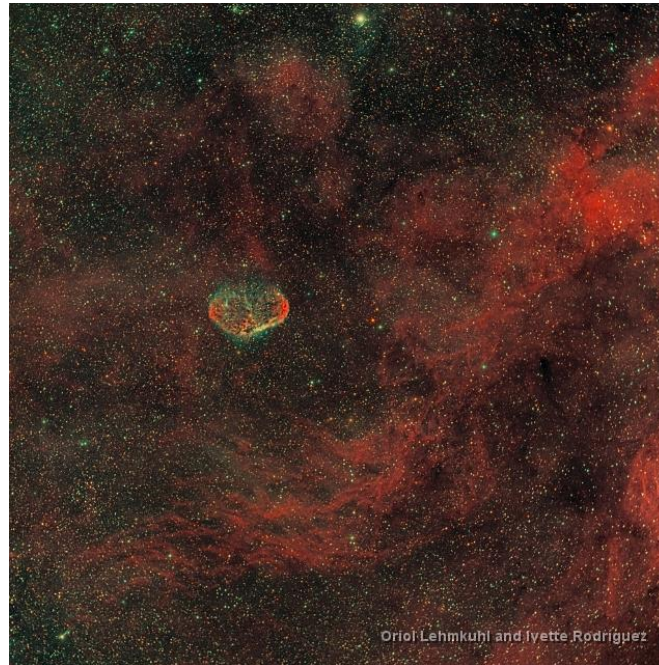


Figura 6. Imagen de la nebulosa del creciente obtenida la paleta a la carta descrita anteriormente

Volviendo sobre el tutorial de procesamiento de la imagen del Gemini Observatory que mencionamos anteriormente, en aquel caso su autor proponía una paleta diferente en la cual se asignaba el [SII] al rojo, el $H\alpha$ al naranja y el [OIII] al turquesa. En este caso la paleta quedaría como:

Rojo = $0.78 H\alpha + [SII]$
Verde = $0.15 H\alpha + [OIII]$
Azul = [OIII]

Nosotros hemos utilizado esta paleta con unos datos nuestros de la nebulosa de la roseta con los siguientes resultados:



Figura 7. Imagen de la nebulosa de la roseta utilizando una paleta a la carta propuesta en <http://pixinsight.com/examples/deconvolution/Gemini-NGC5189/en.html>

Creando la luminancia de imágenes en falso color

Este es un punto muy delicado cuando construimos nuestras imágenes en falso color. El problema fundamental es que a diferencia de las imágenes en RGB, donde o bien hacemos la captura de la luminancia independientemente o bien creamos una “falsa” luminancia a partir de los datos RGB, en las imágenes con filtros de banda estrecha no siempre lo más adecuado es obtener la luminancia a partir de los datos de cada filtro.

EL problema viene fundamentalmente creado por la diferencia de información obtenida con cada filtro. En general en nebulosas de emisión existe una diferencia notoria entre la señal captada con cada canal. Como ejemplo mostramos los datos obtenidos utilizando filtros de $H\alpha$, [OIII] y [SII] de la nebulosa del comececocos (NGC281)

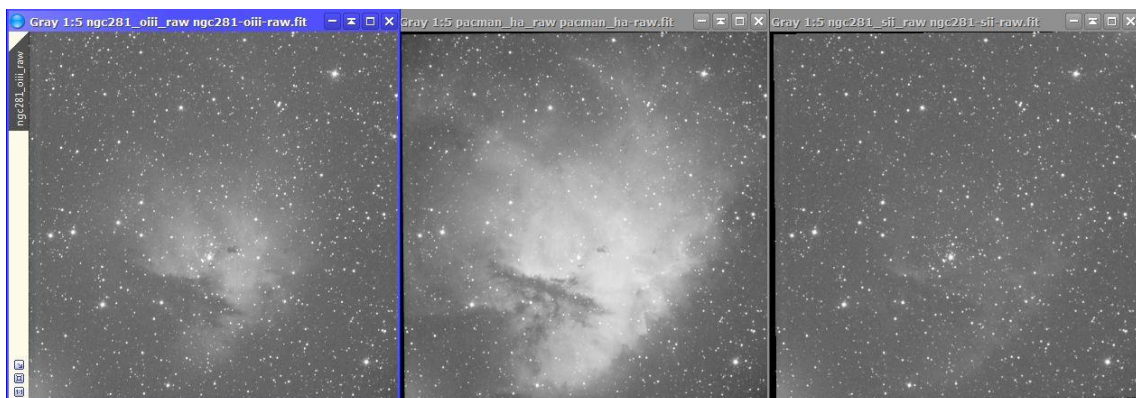


Figura 8. (de izquierda a derecha) Datos en bruto obtenidos con los filtros de [OIII], $H\alpha$ y [SII]

En la imagen las señales de los tres canales han sido ajustadas con la misma función de transferencia de manera que se puedan comparar. Como se puede apreciar existe una notable diferencia entre los datos captados con el filtro de H α y los captados con los otros dos filtros. Esta diferencia la hemos observado también en otras nebulosas de emisión que hemos fotografiado. En estos casos, teniendo en cuenta que los detalles de pequeña escala se han captado en la señal del H α , es recomendable utilizarlo como luminancia y utilizar los otros datos en la composición de la crominancia. Tanto la luminancia, como el resultado final obtenido se muestran en la siguiente figura.

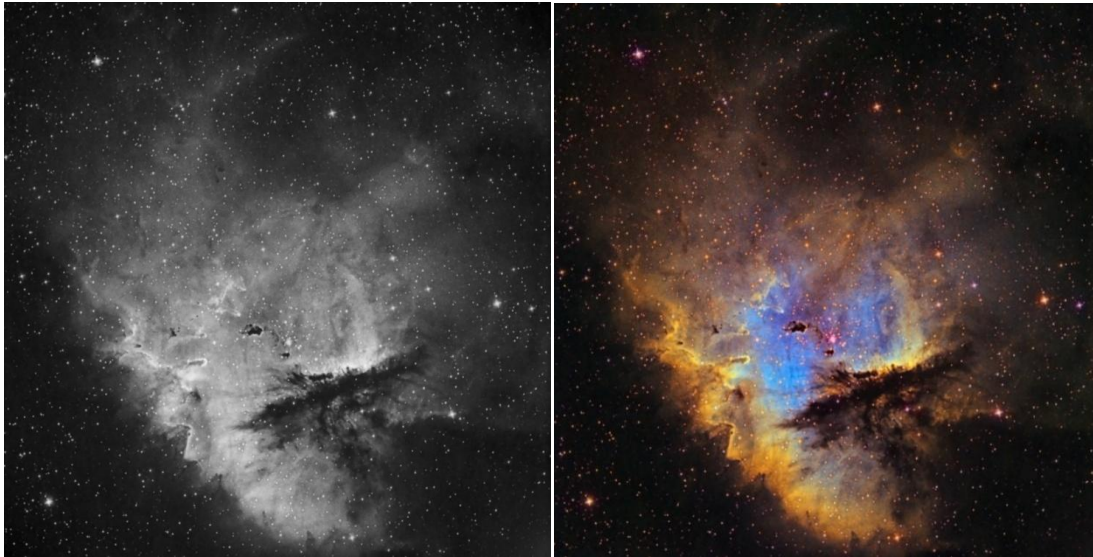


Figura 9. (izquierda) Luminancia creada a partir de las tomas en H α . (derecha) Resultado final después de procesar los datos obtenidos con cada filtro

Aunque la técnica de emplear las tomas de H α puede dar muy buenos resultados en este tipo de objetos, esto no suele ser así en nebulosas planetarias y remanentes de supernovas. A diferencia de las nebulosas de emisión, en nebulosas planetarias y remanentes de supernovas puede existir información de pequeña escala en las bandas de [OIII] y [SII]. Es por esta razón que cuando construimos la luminancia de este tipo de objetos tendremos que tener en cuenta también estos canales.

A priori, podría parecer sumamente sencillo y definiendo un espacio de colores p.ej. 1:1:1 y a continuación extrayendo la luminancia de la combinación tendríamos el resultado deseado. Esta manera de proceder directamente no es la más adecuada. En primer lugar se ha de tener en cuenta que aplicar un procedimiento de este estilo directamente con nuestros datos podría dar como resultado la pérdida de los detalles más finos y tenues captados independientemente con cada filtro. La razón de esta posible pérdida es debido a que al extraer la luminancia de esta manera estamos dando más peso a la componente de [OIII].

Veamos un ejemplo de una fotografía de una parte de la nebulosa de los velos. En la imagen se puede ver como los detalles de cada filtro son diferentes, así que para generar la luminancia resultante realizamos una combinación HOO y a continuación definimos un espacio de color

donde le dimos el mismo peso a cada filtro, es decir 1:0.5:0.5. A partir de la imagen en color extrajimos la luminancia la que como se puede apreciar, contiene los detalles de cada filtro.

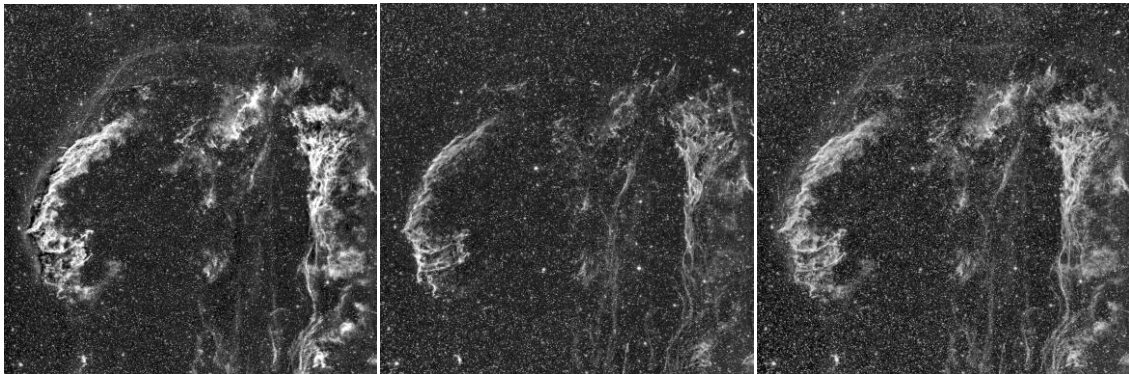


Figura 10. De izquierda a derecha: $H\alpha$, [OIII] y luminancia resultante con el espacio de colores comentado

Evidentemente cada imagen requiere de un tratamiento especial que depende del objeto de cielo profundo, así como de los datos captados. Por ejemplo, en los casos anteriores son objetos disímiles y que fueron captados con equipos diferentes, en cambio los datos obtenidos en todas las situaciones fueron utilizando binning 1x1 para cada canal. Un tratamiento diferente al descrito se hubiera aplicado en el caso que algunos de los canales se hubiesen adquirido en binning 2x2.

No existe una “receta”, formulario o procedimiento paso a paso, que se pueda aplicar de manera generalizada para realizar imágenes en banda estrecha. Es por ello que recomendamos que antes de comenzar una sesión de astrofotografía con este tipo de filtros, se estudie primeramente el objeto de cielo profundo que deseamos fotografiar, sus características y cuáles son las líneas de emisión más fuertes para elegir los filtros correctamente. Posteriormente, en el momento de procesar una imagen de este tipo, se debe analizar desde la señal de cada canal, cuál sería la paleta de colores más representativa y como trataremos la luminancia, que espacio de colores seleccionaremos, etc.