

# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MATEMÁTICAS  
LICENCIATURA EN FÍSICA

**La representación de colores de nebulosas astrofísicas en los  
medios de comunicación masivos**

Tesis presentada al

**Colegio de Física**

como requisito parcial para la obtención del grado de

**Licenciada en Física**

por

**Andrea Bonilla Barroso**

Director de tesis

**Dr. Wolfgang Steffen**

Puebla, Pue.



## **Dedicatoria**

A mi madre, Gloria, y mi hermana, Anahi.



# Índice general

1. Motivación	9
2. Introducción general a las nebulosas astrofísicas	13
3. La formación de líneas espectrales y los colores de las nebulosas	21
4. Los diferentes esquemas de representación a color de las nebulosas	27
5. Cómo se visualiza la radiación diversa del espectro electromagnético	33
6. Las bases generales para la creación de un póster infográfico.	41
7. Creación de un póster infográfico	43
8. Conclusiones.	47



# Resumen

En este trabajo se analiza la representación de los colores en las imágenes de nebulosas astrofísicas presentes en los distintos medios de comunicación masivos. Se demuestra como la falta de información sobre los colores vistos en estas imágenes genera en muchas ocasiones una interpretación errónea. El resultado de esta investigación se presenta en un póster infográfico.

En el primer capítulo se expone la motivación y los objetivos principales de este proyecto. En los siguientes dos capítulos se da una breve introducción sobre el origen, evolución y formación de colores en las nebulosas. En el cuarto capítulo se analizan los distintos esquemas de representación a color de las nebulosas en al menos tres distintos medios de comunicación masivos (libros y revistas de divulgación científica e internet). Posteriormente se estudian las diferentes clasificaciones de colores que existen en estas imágenes y se explica el procesamiento básico de imagen, desde que son capturadas por el telescopio hasta que son presentadas ante el público en general. En los últimos dos capítulos se define brevemente lo que es un póster infográfico y se dan los pasos generales para creación de uno, y finalmente la información es resumida en un póster infográfico que habla sobre la representación y significado de los colores de las nebulosas.



# Capítulo 1

## Motivación

Al observar alguna nebulosa astrofísica, ya sea a través de la literatura científica o en internet, uno queda asombrado por las increíbles formas y colores que éstas pueden presentar. Muchas veces, la falta de información acerca de cómo y por qué se producen estos colores causa una interpretación errónea en las imágenes. Además, por razones científicas, técnicas y a veces estéticas, las imágenes de las nebulosas astrofísicas obtenidas con detectores electrónicos frecuentemente se visualizan con colores que no corresponden a los que veríamos de poder verlas de manera directa con nuestros ojos.

Por ejemplo, la Figura 1.1 fue publicada en internet por el “Instituto para la Astronomía de Hawaii” (dirigida principalmente a estudiantes universitarios) y muestra diferentes representaciones de la nebulosa planetaria “Ojo de Gato” ubicada en la constelación de Draco. Estas tres imágenes fueron capturadas por el Telescopio Espacial Hubble y en la tercera se incluyen datos del Observatorio Espacial Chandra (diseñado para detectar Rayos-X). Este conjunto de imágenes son un claro ejemplo de lo confuso que puede resultar no tener información y entendimiento sobre el significado de los colores, ya que cuando se asignan diferentes colores a una misma nebulosa muchas veces las imágenes se ven muy diferentes una de la otra.

Es importante mencionar que ninguno de los tres ejemplos de la Figura 1.1 muestra el “color verdadero” de la nebulosa; es decir, no son los colores que veríamos si pudiéramos observarla directamente desde el espacio con nuestros ojos. Los colores mostrados son falsos y se utilizan únicamente para poder destacar características importantes de la nebulosa.

A pesar de que la Figura 1.1 fue tomada del portal de la Universidad de Hawaii la información brindada no es la correcta: las imágenes a) y b)

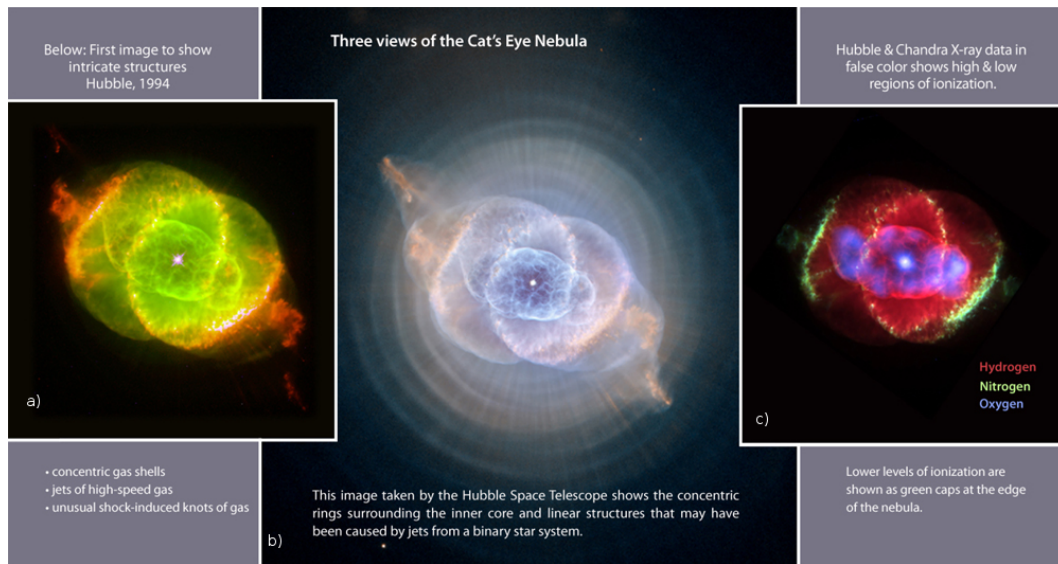


Figura 1.1: Diferentes representaciones de la Nebulosa Planetaria “Ojo de Gato” o NGC 6543. Todos los colores mostrados son falsos. Crédito: a) J.P. Harrington y K.J. Borkowski, NASA/ESA; b) NASA/ESA y STScI/AURA; c) Rayos-X: NASA/UIUC/Y.Chu et al., Optico: NASA/HST [1].

no dan ningún tipo de información sobre los colores observados pero en la imagen c) relacionan los colores de la nebulosa con distintos elementos (el color rojo corresponde al hidrógeno, color verde para el nitrógeno y el color azul lo asignan al oxígeno), lo cual no corresponde a los colores de sus líneas espectrales más intensas pues aquello que luce en tono azul corresponde a Rayos-x (invisibles ante el ojo humano).

Por ello, la principal motivación de este proyecto es ayudar al público en general a interpretar correctamente este tipo imágenes presentes en los distintos medios de comunicación masivos. Para ello se creará un póster infográfico que explique como se generan los colores en las imágenes de las nebulosas astrofísicas.

## Metodología

La metodología será la siguiente:

1. Comenzaremos con la definición de nebulosa astrofísica y sus diferentes clasificaciones.
2. El tema principal de este trabajo es el “color” de las nebulosas astrofísicas; por ello es necesario explicar cómo se generan los colores emitidos por éstas. Entonces se hablará acerca de la formación de líneas espectrales y posteriormente nos enfocaremos en los colores característicos de éstas.
3. A partir de este punto, se iniciará la revisión de las diferentes formas de representación de las nebulosas en los medios de comunicación. Examinaremos en revistas y libros de divulgación científica y también se hará una búsqueda en páginas populares de internet.
4. Ahora, debemos saber como se lleva acabo la producción de imágenes en los diversos medios. Gran parte de las imágenes mostradas en revistas, libros, TV, provienen del Telescopio Espacial Hubble, entonces se explicará el procesamiento de imagen desde que es capturada por el telescopio hasta que se presenta al público en general.
5. Se investigarán las bases generales para la creación de un póster infográfico y finalmente con toda la información reunida anteriormente se realizará el póster.



# Capítulo 2

## Introducción general a las nebulosas astrofísicas

El póster infográfico esta enfocado en las nebulosas astrofísicas porque son los objetos astronómicos más llamativos del Universo y por ende son los que más abundan en los distintos medios de comunicación masivos. En este capítulo se analizará de forma general el origen, evolución y clasificación de estas nebulosas.

Una nebulosa astrofísicas es una zona de densidad aumentada en el medio interestelar (MI). Dependiendo de la densidad, temperatura o iluminación por estrellas, las nebulosas pueden ser divididas en oscuras, de reflexión, regiones HII, nebulosas planetarias y remanentes de supernova.

El “*medio interestelar*” (MI) es materia, nubes de gas y polvo que se encuentra entre las estrellas y esta constituido principalmente de hidrógeno, helio y de algunos elementos más pesados producidos por la evolución de estrellas de generaciones anteriores. La evolución de las estrellas puede ser vista como un proceso cíclico: dependiendo de la masa total de la estrella, esta puede devolver a lo largo de su vida parte del material que la compone al MI a través de vientos estelares o sucesos explosivos. Luego, las siguientes generaciones de estrellas se formarán a partir del gas y polvo procesado [4].

Una estrella nace a partir de grandes nubes de gas y polvo presente en MI. De forma más específica, una estrella nace cuando la gravedad junta suficiente material para superar la masa crítica para el colapso. Una vez que se ha formado una región en el MI, la gravedad seguirá juntando enormes

cantidades de material hasta lograr que la nube densa que se ha formado comience a fragmentarse en conjuntos más pequeños; es decir, comienza la formación de proto-estrellas y proto-cúmulos.

Cuando la temperatura del núcleo de la proto-estrella es lo suficientemente alta para fusionar el hidrógeno a helio en el interior, la enorme cantidad de radiación lejos del núcleo y la superficie detienen la agregación de material adicional y dentro de algunos millones de años, la estrella tendrá una estable y regular luminosidad. Su luminosidad y tiempo de vida dependerán de la masa de la estrella [5].

## Nebulosas oscuras

Las nebulosas oscuras son nubes de gas y polvo que oscurecen una zona de estrellas brillantes. Son especialmente sobresalientes en las regiones más brillantes de la Vía Láctea. Este tipo de nebulosas bloquea la luz de las estrellas que se encuentran detrás de ellas, entonces al observarlas veríamos fácilmente muchas estrellas alrededor de la nube de polvo y muy pocas justo enfrente de ella. Es por ello que esta nebulosa crea la impresión de estar observando un “agujero en el cielo”. Las nebulosas oscuras fueron estudiadas por Edward Emerson Barnard (1857-1923) y Bart Bok (1905-1983). Las formas irregulares de los “Glóbulos Bok” llevaron a Bok a proponer que en estos sitios existe formación de estrellas.

## Regiones HII

En este tipo de regiones se da la formación de estrellas

Este tipo de nebulosas se originan cuando estrellas jóvenes masivas ionizan nubes de gas cercanas mediante radiación UV de alta energía. En estas zonas el hidrógeno se encuentra ionizado (los astrónomos utilizan el termino HII para referirse al hidrógeno ionizado, HI es hidrógeno neutral [2]) y la energía encargada de la ionización proviene de la estrella central la cual tiene una temperatura superficial de más de 20,000 Kelvin [3].

y tienen diversas estructuras pues la distribución de estrellas y gas en el interior es irregular. Un ejemplo de este tipo de región es la Nebulosa de Orión, la cual es visible a simple vista.

---

## Nebulosas de reflexión

La nebulosa de reflexión es una nube de gas y polvo que no brilla por su cuenta, las estrellas cercanas emiten luz y esta luz refleja el polvo y gas que se encuentran dentro de la nebulosa. Este efecto fue demostrado observacionalmente por Hubble e interpretado teóricamente en términos de la dispersión de granos de polvo por Russell. Este tipo de nebulosas tienden a lucir más azul de lo que es (la luz azul de la estrella se dispersa más que la roja debido a los granos de polvo interestelar).

## Nebulosas Planetarias y Supernovas

A continuación se describen las bases de la evolución estelar dado que ésta influye fuertemente en las características de las nebulosas planetarias y supernovas.

Existen dos características importantes que definen el comportamiento de las estrellas: su masa inicial y la composición química de éstas; por ello resulta conveniente estudiarlas conforme a su posición en el diagrama de Hertzsprung-Russell (H-R). El diagrama H-R es una gráfica que muestra la relación entre la luminosidad  $L$  de una estrella y su temperatura efectiva  $T_e$ . Recordemos que la temperatura efectiva de cualquier estrella es la temperatura superficial que tendría la estrella si radiase como un cuerpo negro perfecto a cierta luminosidad.

Como se puede observar en la Figura 2.1, la mayor parte de las estrellas se encuentran sobre una banda diagonal conocida como *secuencia principal*. En este periodo, las estrellas son químicamente homogéneas y durante gran parte de su vida queman el hidrógeno a helio en sus núcleos. Debido a que la estrella contiene proporciones fijas de hidrógeno, helio, etc., (a excepción de las reacciones nucleares que suceden en el núcleo), esta brillaría de forma constante en todo este lapso tiempo.

La posición de la estrella en la secuencia principal depende de varios factores: la cantidad inicial de elementos más pesados que el hidrógeno y el helio e incluso la cantidad de hidrógeno que es quemada en el núcleo (lo cual depende de la edad de la estrella) pueden contribuir un poco en la posición en la secuencia principal. Sin embargo, el factor más importante que determina la posición de la estrella es su *masa*.

Las estrellas con alta masa consumen su energía mucho más rápido que las estrellas con poca masa. Así, una estrella de  $10M_{\odot}$  (10 masas solares) ubicada

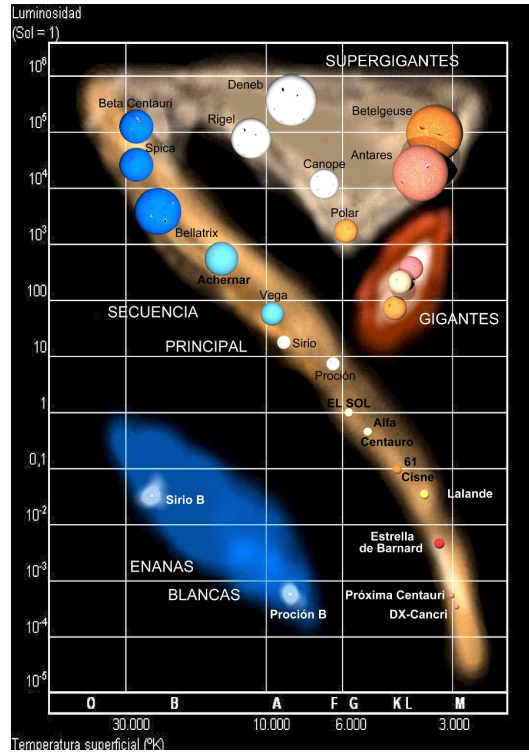


Figura 2.1: Diagrama H-R. La banda diagonal es conocida como secuencia principal. Dependiendo de la zona en la que se encuentra la estrella, esta recibe un nombre específico [6].

en la secuencia principal va a radiar aproximadamente  $10^4$  veces más energía por segundo que una estrella de  $1M_{\odot}$ . Esto implica que la estrella de  $10M_{\odot}$  utiliza su energía de reserva  $10^4$  veces más rápido que una estrella de  $1M_{\odot}$ .

Entonces la estrella  $10M_{\odot}$  tendrá una vida en la secuencia principal que corresponde aproximadamente a una milésima de la vida total de una estrella con  $1M_{\odot}$ . Por lo tanto, entre mayor sea la masa de la estrella menor será su tiempo de vida de esta.

En la secuencia principal, la superficie de una estrella con alta masa es más caliente y luminosa en comparación con las estrellas de poca masa. Por este motivo la secuencia principal cae en forma de diagonal en el diagrama H-R. Comúnmente se demoninan *enanas* a las estrellas ubicadas en la secuencia principal.

Cuando el hidrógeno se agota en el núcleo, la evolución de la estrella estará determinada por su cantidad de masa. Independientemente de cuál sea el caso, el problema central se enfoca en el agotamiento de las sucesivas capas de elementos: la estrella comenzará a combatir la compresión provocada por autogravedad y al mismo tiempo producirá un flujo de calor hacia el exterior.

### **Evolución de estrellas de baja masa**

Como ya se había mencionado anteriormente, cuando termina a etapa de la secuencia principal la estrella ha consumido todo el hidrógeno presente en su núcleo, mientras que el flujo de calor continúa escapándose al exterior. Debido a que el núcleo ya no produce energía nuclear, éste comenzará a contraerse gravitacionalmente, provocando que la temperatura del núcleo y de las capas que se encuentran por arriba de este vayan aumentando de temperatura continuamente.

A temperaturas muy altas, el hidrógeno empieza a quemarse en una cáscara ubicada justo afuera del núcleo de hidrógeno agotado. Por otro lado, el helio presente en el núcleo sigue sin generar energía nuclear; entonces mientras el núcleo continúe expulsando calor hacia las capas más frías que se encuentran por encima de él, debe seguir reduciéndose.

En general, inmediatamente después de que una estrella radiante abandona la secuencia principal, esta cambiará de posición moviéndose horizontalmente hacia la derecha en el diagrama H-R; así, la estrella enana va a convertirse en una estrella “*subgigante*”, tal como se muestra en la Figura 2.2.

Ahora, mientras la estrella siga expandiéndose la temperatura efectiva en la superficie no puede continuar decreciendo hacia valores arbitrariamente pequeños. Por ello existe una temperatura mínima que previene que la temperatura efectiva decaiga. Esta temperatura mínima actúa como una barrera la cual provoca que las estrellas de baja masa se muevan casi verticalmente hacia arriba en el diagrama H-R; la subgigante pasa a ser ahora una estrella “*gigante roja*”.

Justo en la cima de la rama de las gigantes rojas, el núcleo alcanza temperaturas de alrededor de  $10^8 K$ . Esta temperatura tan alta logra encender el helio y “convertirlo” en carbón. En las estrellas de baja masa, la ignición del helio ocurre bajo condiciones degeneradas. Entonces, un aumento en la temperatura del núcleo conlleva a sobreproducción de energía nuclear sin que, a su vez, exista una expansión o haya un aumento en la presión. Esto

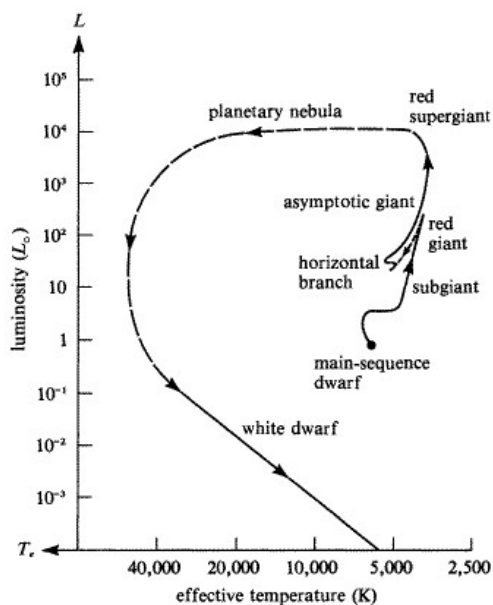


Figura 2.2: Diagrama teórico H-R. Se muestra la evolución completa de una estrella de baja masa desde la secuencia principal hasta convertirse en una enana blanca. [7]

quiere decir que al haber un aumento de temperatura cuando se ha iniciado la ignición del helio, se generará una sobreproducción de energía nuclear desenfrenada. Por lo tanto, la quema de helio prende a las estrellas de baja masa con un “flash”; es decir, todo el exceso de energía es liberado en forma muy rápida. Note que ahora la estrella tiene dos fuentes de energía nuclear: el helio quemándose en el núcleo y el hidrógeno quemándose en el cascarón pero, a pesar de ello, la estrella produce menos luminosidad que antes (ya que la fuente del cascarón se encuentra debilitada).

La fase en la que la estrella quema hidrógeno en la cáscara y helio en el núcleo se conoce, en el diagrama teórico H-R, como “*la rama horizontal*”. La posición de la estrella en esta rama no solo depende de su masa inicial y la composición química de ésta, sino también de la cantidad de masa envolvente que la estrella pierde al ascender por la rama de las gigantes rojas.

Cuando el helio en el núcleo de la estrella se agote, el núcleo continuará contrayéndose provocando que la presión y temperatura en las capas

---

superiores se incremente. Ahora, la ignición de helio ocurre en un cascarón afuera del núcleo y encima de éste, el hidrógeno se quema de igual forma en un cascarón; es decir, la estrella se encuentra ahora en una fase de quemado de doble cascarón. Por otro lado, la generación de energía, proveniente de las dos fuentes en los cascarones, se da a un ritmo cada vez mayor provocando que la luminosidad aumente. Entonces la estrella debe ascender nuevamente sobre la rama de la gigante roja. Esta fase de *quemado de doble cascarón* se conoce como “*la rama asintótica de gigantes*”. Las estrellas al final de la fase de quemado de doble cascarón se convertirán en “*supergigantes rojas*”. En este punto, la estrella gasta enormes cantidades de energía que no puede vivir mucho más tiempo.

Se sabe que existe una gran pérdida de masa en la rama asintótica de gigantes. Algunas observaciones indican que estrellas que originalmente tenían alrededor de  $8M_{\odot}$  o menos, parecen perder tanta masa durante la etapa de alta luminosidad que esta masa perdida se convierte en una ***nebulosa planetaria***, las cuales son iluminadas por un núcleo central caliente. Este núcleo central caliente es un antecesor de enana blanca, esto si su masa es menor que  $1.4M_{\odot}$  (límite de Chandrasekhar). Lo que le sucede a la estrella central en la etapa de nebulosa planetaria es lo siguiente: el núcleo expuesto quema los cascarones de hidrógeno y helio, luego pierde toda su envoltura extendida y desciende en el diagrama H-R para finalmente entrar a la región de las enanas blancas. Este será el fin para una estrella de baja masa como nuestro Sol; la evolución completa para este tipo especial de estrellas se puede observar en la Figura 2.2.

Nótese que la denominación de estas nebulosas como “nebulosas planetarias” es histórico y no hace referencia a un origen debido a la presencia de planetas. El nombre se dió porque cuando se descubrieron tenían un parecido visual con un planeta debido a las limitaciones de la instrumentación durante el siglo 18.

## **Evolución de estrellas de alta masa**

La evolución de estrellas de alta masa se distingue principalmente por dos características importantes: la primera es que éstas evolucionan mucho más rápido en comparación con las estrellas de baja masa; y la segunda es que a pesar de haber perdido masa en la etapa final, una estrella de alta masa posee aún suficiente masa para producir un núcleo de enana blanca con una masa arbitrariamente cercana al límite de Chandrasekhar ( $1.4 M_{\odot}$ ).

En las estrellas de alta masa, el agotamiento de hidrógeno en el núcleo, la contracción del núcleo de helio y la ignición en el cascarón de hidrógeno ocurre casi del mismo modo que en las estrellas de baja masa.

La diferencia radica en que las estrellas con una masa inicial mayor a  $2.25M_{\odot}$ , la ignición del núcleo de helio ocurre mucho antes de que este se haya contraído. Esto quiere decir que el helio combustiona en el núcleo (de las estrellas de alta de masa) bajo condiciones no degeneradas y por tanto no se genera el flash de helio.

Sabemos que durante la contracción del núcleo, la estrella se mueve generalmente hacia la derecha del diagrama H-R (la  $T_e$  disminuye) y después de la ignición del núcleo esta se moverá hacia la izquierda del diagrama (la  $T_e$  aumenta). Para el caso de estrellas de alta masa, el agotamiento del núcleo (movimiento hacia la derecha) y la contracción de éste (movimiento a la izquierda) ocurren solo con un ligero aumento en la luminosidad; entonces la evolución de las estrellas de alta masa sucede casi horizontalmente en el diagrama H-R.

Para las estrellas de muy alta masa, la evolución nuclear en las regiones centrales de la estrella ocurren tan rápidamente que las capas exteriores no tienen tiempo suficiente para responder a las sucesivas rondas de contracción e ignición del núcleo, entonces la estrella únicamente se moverá ligeramente hacia la derecha del diagrama H-R antes que esta llegue a la etapa de pre-supernova. Cual sea el caso, el proceso es el mismo: quemado de helio en el núcleo, quemado de hidrógeno en la cáscara y el agotamiento del helio en el núcleo. Luego, una vez que se ha agotado el helio, el núcleo de carbón y oxígeno comenzará a contraerse, tal y como sucedió anteriormente. Sin embargo, ahora el núcleo de carbón y oxígeno va a combustionar. El quemado de carbón sucede a temperaturas muy altas y es capaz de liberar enormes cantidades de energía.

Cuando el núcleo es completamente de hierro, no le queda más opción que contraerse y calentarse aceleradamente. Entonces en algún punto, el núcleo va a sufrir un colapso catastrófico y comenzará a caer libremente bajo su propia autogravedad provocando la *explosión de una **supernova*** cuando rebota en el centro y genera una onda de choque expansiva. Este tipo de supernova se denomina de tipo II ya que está asociada a la muerte de estrellas masivas. (Las supernovas de tipo I se asocian a la transferencia de masa en sistemas binarios en interacción) [7].

# Capítulo 3

## La formación de líneas espectrales y los colores de las nebulosas

El objetivo del póster infográfico es explicar de manera concisa y clara los diversos colores de las nebulosas astrofísicas mostrados en los medios de comunicación masivos. El conocer y entender el origen de estos colores es fundamental para poder comparar los colores que realmente tendrían (si las viéramos directamente con nuestros ojos) con los colores que los diferentes medios de comunicación nos muestran. Es así que en este capítulo se explicará cómo y por qué se generan los colores en las nebulosas.

En términos de visión, “el color es una sensación que producen los rayos luminosos en los órganos visuales y que es interpretada en el cerebro” [8].

Desde un enfoque científico, el “color” se puede definir mediante la radiación electromagnética, la cual es energía que viaja y se extiende a medida que avanza [9]. El conjunto de todos rangos de radiación electromagnética forman el espectro electromagnético y los tipos de radiación que componen el espectro son ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, rayos ultravioleta, rayos X y rayos gamma. Los cuerpos que son iluminados absorben parte de las ondas electromagnéticas y reflejan las restantes. Las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas en el cerebro de acuerdo a su respectiva longitud de onda. El ojo humano únicamente puede detectar una pequeña porción del espectro conocido como luz visible o región visible (por definición).

## 22 La formación de líneas espectrales y los colores de las nebulosas

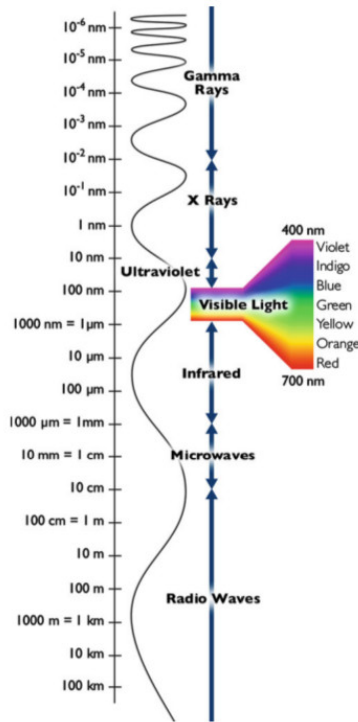


Figura 3.1: Diagrama del espectro electromagnético [5].

La espectroscopía es la encargada de estudiar la interacción entre la radiación electromagnética y la materia y fue aplicada por primera vez a objetos celestes que no fuera el Sol a mediados del siglo XIX, gracias al trabajo realizado por Joseph von Fraunhofer. Fraunhofer encontró que cuando la luz del Sol atravesaba una rendija larga y estrecha en frente de un prisma, entonces el espectro producido era cruzado por una serie de líneas oscuras. Aunque Fraunhofer no conocía las causas e importancia de estas líneas, ahora estas son llamadas “líneas de Fraunhofer”.

Los científicos Kirchhoff y Bunsen participaron en la investigación de las líneas de Fraunhofer. En sus experimentos realizaron observaciones en los espectros de sustancias incandescentes y encontraron que estos producían un espectro de “línea brillante”, y más aún, era posible hacer coincidir las posiciones de ciertas líneas en el espectro contra elementos específicos. En términos más generales, Kirchhoff fue capaz de postular las leyes básicas que

determinan el tipo de espectro observado para una sustancia en particular: [5]

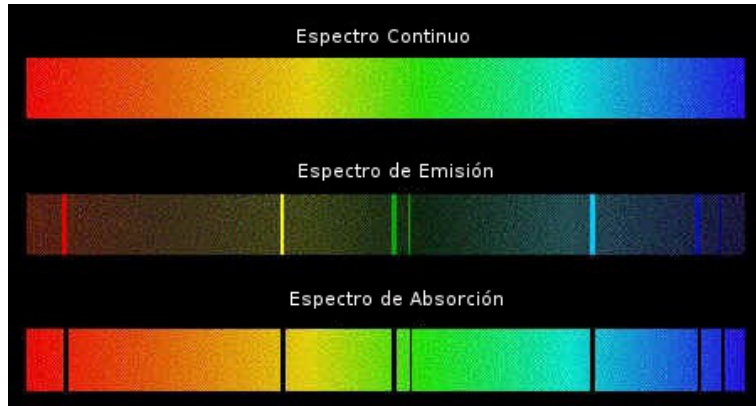


Figura 3.2: Leyes de Kirchoff [10]

- *Espectro continuo*: este espectro es un completo arcoíris de colores. Es producido por sólidos o líquidos incandescentes o por gases muy densos.
- *Espectro de emisión*: a presiones bajas y altas temperaturas, el gas va emitir luz al cambiar de nivel de energía dentro del átomo. Esta luz emitada se da a longitudes de ondas específicas, donde el color o longitud de onda de la emisión da información acerca de la composición química del gas. En este tipo de espectro brillan delgadas líneas de determinado color, dependiendo del tipo de gas emitido.
- *Espectro de absorción*: A longitudes de ondas específicas los electrones pueden absorber energía de sus alrededores. Entonces, si colocamos una fuente brillante de radiación continua atrás de un gas, el átomo del gas removerá la energía del espectro continuo en una longitud de onda exacta, provocando que en el espectro de colores aparezcan líneas oscuras.

A diferencia de algunas estrellas que muestran un espectro continuo, las nebulosas astrofísicas producen un espectro de emisión, es decir, “brillan” debido a que su estrella central es capaz de ionizar el medio que las rodea (ionizar significa que los átomos del gas pierden electrones). Entonces, cuando los electrones son arrancados del átomo estos quedarán sueltos dentro de

## 24 La formación de líneas espectrales y los colores de las nebulosas

la nube de gas y en algún momento volverán a recombinarse nuevamente con los átomos del gas. Cada que esta recombinación suceda, el átomo buscará estar un estado de menos energía a través de transiciones, esto es, se emitirá un fotón a una longitud de onda específica (la cual esta relacionada con determinado color) cada que el electrón pase de un nivel de energía a otro.

Los descubrimientos hechos por Kirchhoff estimularon la imaginación de varios científicos, entre los cuales destaca el astrónomo William Huggins. Huggins examinó espectroscópicamente alrededor de 60 nebulosas, encontrando que cerca de la tercera parte mostraba un espectro de “línea brillante”. En cada caso, esta línea brillante se encontraba en la parte verde del espectro, a una longitud de onda de 500.7 nm. Esta línea es conocida como “Chief Nebular Line” (por su nombre en inglés). Se pensó que este elemento debía pertenecer a una sustancia desconocida que llamaron “nebulium”. Fue hasta el año de 1927 que el astrofísico Ira S. Bowen fue capaz de identificar las misteriosas líneas “nebulium” descritas por Huggins.

Recordemos que las líneas espectrales surgen cuando los electrones de un átomo realizan una “transición” de un nivel de energía a otro. La energía de un electrón en un átomo no puede tomar valores arbitrarios ya que solo ciertas energías están permitidas (los niveles de energía se encuentran cuantizados). Algunas transiciones son más probables que otras y claramente aquellas transiciones que son mucho más probables darán lugar a líneas más fuertes. Bowen sospechaba que no se trataba de un elemento nuevo de la Tabla Periódica, entonces las líneas no identificadas a 500.7 nm y 495.9 nm debían de ser de un elemento conocido para el cual las transiciones eran improbables bajo condiciones de laboratorio terrestre. Estas líneas son conocidas como “líneas prohibidas”. Bowen notó que la diferencia de energía entre los dos niveles de energía calculado para la doble ionización del oxígeno correspondía exactamente a la frecuencia de la línea “nebulium” y por tanto eran líneas prohibidas del oxígeno doblemente ionizado [O III]. Una vez que este fenómeno fue entendido, se hizo posible identificar un gran número de otras líneas y con ello se pudo conocer la composición química y los procesos físicos que ocurren en las nebulosas.

Las líneas prohibidas presentes en las nebulosas planetarias, en particular las líneas de oxígeno que se encuentran en la parte verde del espectro visible a 500.7 nm y 495.0 nm, son de gran influencia en la percepción visual estas. La mayoría de las nebulosas planetarias tienen alrededor del 90 al 95 %

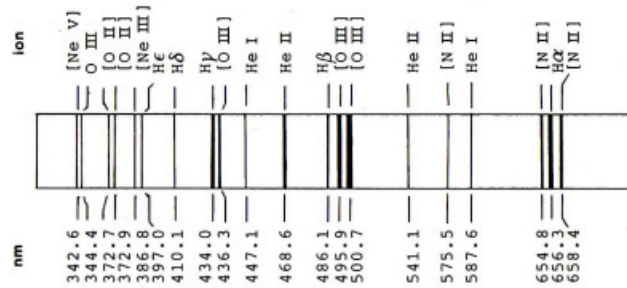


Figura 3.3: Los componentes más brillantes del espectro de una nebulosa planetaria [11]

de su energía visible en las líneas [O III], lo que genera fuertes líneas que casualmente se encuentran cerca de la cima de sensibilidad del ojo (aproximadamente a 550 nm), provocando que muchos de los objetos brillantes de esta clase verdaderamente se puedan observar (visualmente) brillar con una luz verde o verde-azul.

Otra importante característica del conjunto de líneas es la serie de Balmer para las líneas de hidrógeno. La línea H $\alpha$  es especialmente significativa en las representaciones fotográficas de las nebulosas planetarias; las emulsiones tienden a ser más sensibles al rojo y hacen más fácil el registro de H $\alpha$ . Cerca de los 656.3 nm está el límite de la sensibilidad del ojo. Sin embargo, la línea H $\beta$  en el azul, con una fuerza aproximadamente igual a un tercio de la línea H $\alpha$ , hace una contribución significativa al brillo visual de la nebulosa.

Ya que se conoce un panorama general sobre los colores presentes en las nebulosas astrofísicas, surge una nueva pregunta: ¿Las imágenes a color producidos por los astrónomos y presentados en los medios de comunicación realmente muestran los colores que emiten las nebulosas? Y de no ser así, ¿incluyen algún tipo de información extra que aclare el significado de los colores mostrados en las imágenes?

## 26 La formación de líneas espectrales y los colores de las nebulosas

## Capítulo 4

# Los diferentes esquemas de representación a color de las nebulosas

Para crear un póster infográfico sobre el significado de los colores de las nebulosas astrofísicas, debemos tomar en cuenta que los astrónomos utilizan distintas formas de representar estas nebulosas para su análisis científico y para su presentación ante un público en general a través de los medios de comunicación. Por ello en este capítulo se analizarán los diversos esquemas de representación de nebulosas en revistas de divulgación científica, páginas web y libros enfocados en temas de astronomía.

Es importante mencionar que la diferencia entre una revista científica y una de divulgación científica es que en la primera los artículos son redactados por investigadores expertos en el tema, mientras que en las revistas de divulgación generalmente los artículos son escritos por periodistas. Como este tipo de revistas están dirigidas a un amplio público, (incluyendo en algunas ocasiones a niños) se suele evitar el uso de términos científicos muy especializados.

En los espacios dedicados a la astronomía las imágenes juegan un rol muy importante: si la información del tema no es muy clara entonces se hace uso de las imágenes para darnos una idea más visual de lo que se habla.

Es común que en las imágenes astronómicas publicadas en artículos de divulgación únicamente se mencione de donde fueron obtenidas y en algunos casos, se de una breve explicación de lo que se esta observando (ver Figura

4.1). Pero casi nunca se explica el significado de los colores presentes en la imagen y el lector se puede quedar con la impresión de que así se vería una observación visual.



Figura 4.1: “*Cosmic Fireworks*”. Imagen adoptada de la revista digital *National Geographic* [18]. Como se trata de una revista de divulgación las imágenes suelen ser grandes con colores brillantes y de tonos fuertes, esto con el fin de hacerlas llamativas.

Ocasionalmente algunas de las revistas de divulgación explican con más detalle cómo se obtienen las fotografías a color y qué significan los colores.

Por ejemplo, la revista *Muy Interesante* [15], explica brevemente cómo la NASA obtiene sus fotografías astronómicas (ver Figura 4.2). Se menciona que las imágenes del espacio que nos presentan son composiciones fotográficas de imágenes obtenidas por tres satélites puestos en órbita: el Telescopio Espacial Hubble (puesto en órbita en 1990), el Observatorio de rayos-X Chandra (puesto en órbita en 1999) y el Telescopio Espacial Spitzer (en órbita desde 2003). Sobre los colores observados en las imágenes: “Las vistas son coloreadas de

manera arbitraria para definir las mejor; las características particulares de cada cuerpo celeste permiten reconocer elementos imposibles de captar desde la Tierra debido a que simplemente no son visibles al ojo humano [15]”.



Figura 4.2: ¿Cómo obtiene sus fotografías la NASA?, de acuerdo a un artículo en la revista *Muy Interesante* [15].

Por otro lado, *National Geographic* sacó un ejemplar del 25 Aniversario del Telescopio Espacial Hubble [16] donde se muestran las 10 imágenes más sobresalientes capturadas por este telescopio. Ya que el tema principal de esta edición son los objetos astronómicos, en cada una de las imágenes se da una detallada explicación de lo que se está observando.

Zoltan G. Levay [17] es el encargado de procesar estas imágenes digitales capturadas por el Telescopio Espacial Hubble, las cuales son presentadas a través de los distintos medios de comunicación. Levay menciona que todas las imágenes se obtienen inicialmente en blanco y negro y posteriormente se les asigna color para crear las composiciones que nosotros observamos.

Si bien las revistas impresas siguen siendo un importante medio de divulgación, el internet es el medio de comunicación más grande del mundo y además es una poderosa herramienta de estudio que facilita el acceso casi instantáneo a un sin fin de información; si buscamos sobre nebulosas astrofísicas hallamos una gran variedad de ejemplos que muestran las nebulosas más conocidas hasta el momento, pero también fotografías de astrónomos aficionados sin equipos sofisticados de los que disponen los profesionales.

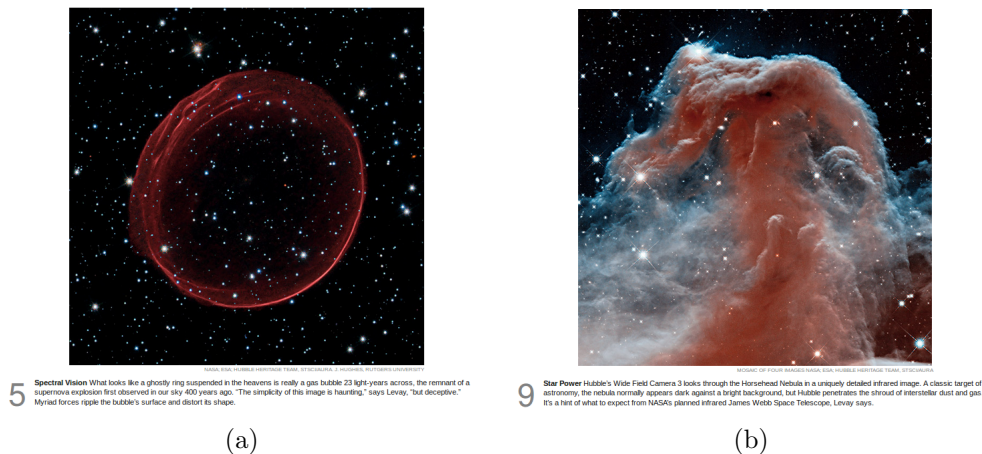


Figura 4.3: Imágenes obtenidas de la versión digital de *National Geographic* "25 Aniversario del Telescopio Espacial Hubble" [18]. (a) Burbuja remanente de Supernova, (b)Nebulosa Cabeza de Caballo.

La mayoría de imágenes que se encuentran en la web contienen muy poca información sobre los colores mostrados y esto, en principio, genera una enorme confusión, ¿realmente tienen estos colores? Esta duda suele aumentar cuando hallamos varias imágenes de una sola nebulosa, tal y como se muestra en la Figura 4.4.

Si realizamos una búsqueda más minuciosa podemos encontrar páginas como "Hubblesite" [12] o "Space Telescope" [13] las cuales ofrecen una detallada explicación de los colores mostrados en imágenes obtenidas por el telescopio espacial Hubble y sus combinaciones con otro telescopios espaciales y terrestres.

Al igual que las revistas de divulgación, los libros de divulgación científica tienen como objetivo hacer accesible al público no especializado (que incluye niños y adultos) temas sobre la naturaleza del mundo que nos rodea. Existe una colección de libros llamada "La ciencia para todos", los cuales forman parte del "Fondo de Cultura Económica". Estos libros cuyo objetivo es la divulgación científica abarcan áreas como astronomía, biología, ecología, entre otras. Varios de los libros del Fondo de Cultura Económica se encuentran de forma gratuita en internet.

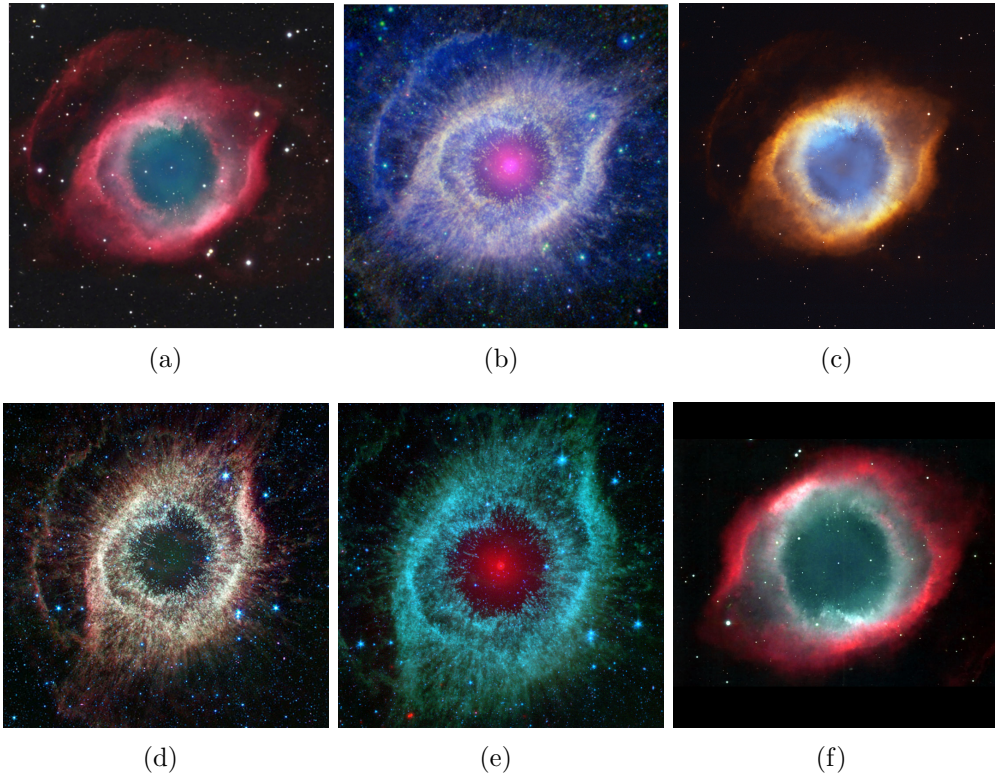


Figura 4.4: Nebulosa de la Helice (también conocida como “Ojo de Dios”). Podemos observar que la nebulosa tiene diferentes formas de representación. Fuente: Buscador de internet [www.google.com](http://www.google.com)

Al menos en la versión digital de los libros de divulgación todas las imágenes se encuentran en blanco y negro e incluyen una breve explicación de lo que se observa. Por otro lado, el libro de “La hermosa muerte de las estrellas” escrito por Julieta Fierro y Silvia Torres [19] (el cual pertenece a esta colección) nos muestran una serie de imágenes a color de nebulosas planetarias (ver Figura 4). De todas las imágenes contenidas en este libro, únicamente una proporciona datos sobre los colores mostrados; el resto solo menciona de donde fueron obtenidas.

Cada medio de comunicación tiene una forma distinta de presentar las nebulosas astrofísicas y la falta de información sobre los colores mostrados genera confusión ante cualquier público. Entonces, ¿cuáles son los colores que

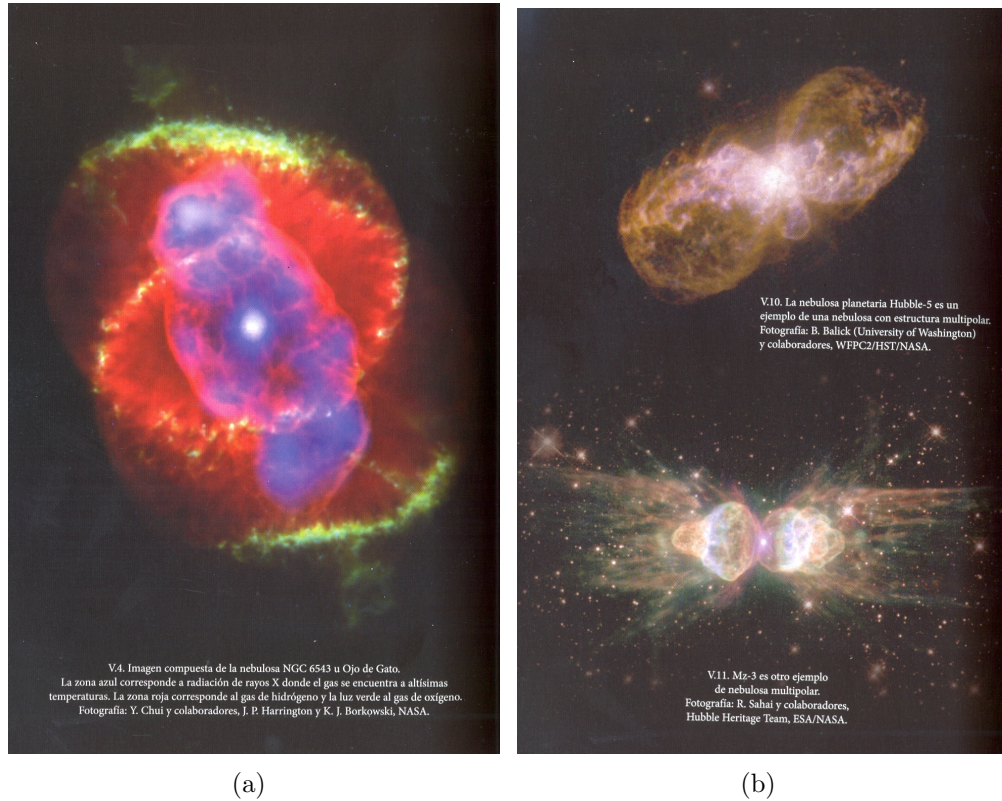


Figura 4.5: Ejemplos de Nebulosas Planetarias del libro *“La hermosa muerte de las estrellas”* [19].

realmente tendrían estas nebulosas si pudiéramos observarlas directamente con nuestros ojos? ¿De qué depende la asignación de color de cada imagen? ¿Qué propiedades físicas nos muestran los diversos colores?

## Capítulo 5

# Cómo se visualiza la radiación diversa del espectro electromagnético

Durante casi 25 años, el Telescopio Espacial Hubble ha maravillado al mundo con hermosas imágenes del espacio exterior. Sus fotografías han sido capturadas por medio de una cámara que registra la luz del universo a través de unos detectores electrónicos especiales; los detectores capturan las imágenes del cosmos en tonos de blanco y negro (ver Figura 5), juntando las longitudes de onda (o colores) en información de intensidad solamente. Las imágenes finales son en realidad combinaciones de dos o más exposiciones en blanco y negro tomadas con diferentes filtros a las cuales se les ha añadido el color durante el procesamiento de imagen de acuerdo al filtro usado.

Los colores en las imágenes de Hubble, los cuales son seleccionados por varias razones (técnicas, científicas o estéticas), raras veces corresponden a lo que nosotros veríamos si fuéramos capaces de observar directamente los objetos con nuestros propios ojos desde el espacio exterior. Usualmente se utiliza el color como una herramienta de análisis científico, ya sea para resaltar los detalles de algún objeto o simplemente para visualizar características que no podrían ser vistas por el ojo humano.

La forma en la que percibimos el “verdadero” color del objeto astronómico depende de su naturaleza, en específico de si emite líneas espectrales o refleja luz. La luz de estos objetos llega en una amplia gama de colores, donde cada uno de ellos corresponde a un tipo de onda electromagnética en particular. Hubble es capaz de detectar todas las longitudes de onda del espectro visible

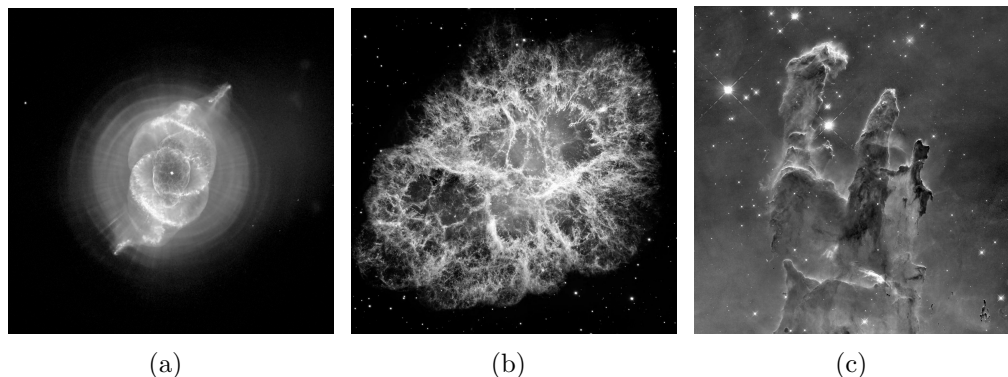


Figura 5.1: (a) “Nebulosa Ojo de Gato” o NGC 6543, (b) “Nebulosa del Cangrejo” o NGC 1952 y (c) “Pilares de la creación” o NGC 6611 ubicada en la Nebulosa del Águila. Crédito: ESO/NASA [13].

(ver Figura 3.1), más algunas longitudes que son invisibles para el ojo humano (infrarrojo y luz ultravioleta). Los objetos astronómicos suelen lucir distintos en las diferentes longitudes de onda de la luz (ver Figura 5.2). Para poder saber como luce un objeto a determinada longitud de onda, Hubble utiliza filtros especiales los cuales solo permiten que cierto rango de longitud de onda de luz llegue al detector.

El almacenamiento y procesamiento inicial de imágenes de Hubble es realizado en “Space Telescope Science Institute (STScI por sus siglas en inglés)”. Todas las exposiciones tomadas son fácilmente accesibles por internet por cualquiera que tenga una cuenta de archivo en HST. Los archivos originales sin procesar se almacenan directamente de la salida de las cámaras; sin embargo cuando se solicitan desde el archivo, ya pasaron por algunos pasos básicos de procesamiento estándar. Luego, el archivo es enviado a los astrónomos en un formato común de datos astronómicos llamado FITS (“Flexible Image Transport System por su nombre en inglés”). El siguiente paso consiste en remover los rayos cósmicos que pudieron haber registrado los detectores. A partir de este paso, las imágenes son manipuladas en un sistema de procesamiento de imágenes astronómicas llamado IRAF (Image Reduction and Analysis Facility, por su nombre en inglés). Otro paquete de software comúnmente usado es IDL (Interactive Data Language, por su nombre en inglés). Sin embargo las composiciones a color de Hubble, son usualmente

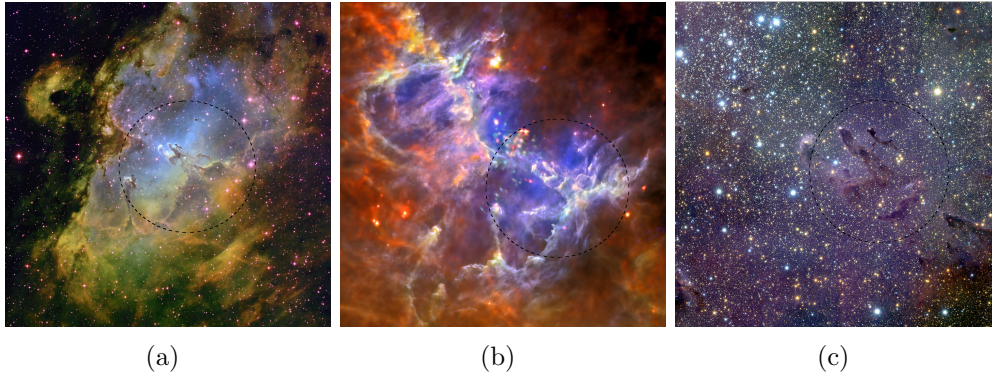


Figura 5.2: “Pilares de la creación” o NGC 6611. Cada imagen fue capturada en distintas longitudes de onda [20]: (a) Óptico, Crédito: T.A.Rector y B.A.Wolpa. (b) cercano Infrarrojo, Crédito: ESA/Herschel/PACS/SPIRE/Hill, Motte, HOBYS Key Programme Consortium. (c) Infrarrojo, Crédito: ESO/M.McCaughrean, M.Andersen (AIP)

hechas con el programa comercial “Adobe Photoshop” o equivalente debido a su flexibilidad.

El especialista en imágenes ensambla una composición a color al superponer cuidadosamente al menos dos (idealmente tres) imágenes en blanco y negro tomadas a través de distintos filtros. Comúnmente se utilizan tres filtros asignados a una sección del modelo RGB. El modelo de color RGB, siglas de *red*, *green* y *blue* (rojo, verde y azul), se relaciona muy fuertemente a la forma en percibimos los colores rojo, verde y azul en nuestras retinas. Este modelo utiliza la mezcla de colores aditiva, es decir, combina la luz roja, verde y azul para producir el resto de colores. Combinando los tres colores primarios (rojo, verde y azul) con las mismas intensidades, se produce el blanco.

Existe una gran variedad de filtros astronómicos con una diversidad de rangos de longitudes de onda que dejan pasar. Para observaciones de nebulosas se suelen usar filtros muy angostos que solo dejan pasar líneas espectrales particulares y por tanto un elemento químico en particular en la nube de gas. Los filtros más utilizados son  $H\alpha$ , OIII y SII, representando hidrógeno,

oxígeno (doblemente ionizado) y sulfuro (una vez ionizado). Los colores reales de éstos son rojo, verde y rojo o azul, respectivamente. El orden en que estos filtros son combinados en las imágenes RGB puede ser arbitrario, pero la manera en que se hace determina el esquema de colores y qué tanto se ajusta a lo que veríamos con nuestros ojos directamente.

Los esquemas de colores más comunes que se utiliza para mostrar las imágenes del HST se han denominado “reales”, “representativos” y “falsos” donde la selección del esquema dependen del objetivo científico o de la publicación con que se crea la imagen.

### **Color real**

En las fotografías puramente ópticas el balance de colores generalmente no corresponde al natural, habiéndose rebalanceado los colores para disminuir el color dominante. Entonces, la aproximación más cercana a una imagen de “color real” es en realidad un ensamble de exposiciones de filtros, los cuales dividen al espectro visible en tres partes similares. Cada intervalo coincide aproximadamente con la respuesta de nuestros ojos al rojo, verde y azul.

Al ojo humano algunas nebulosas tendrían un color único determinado por la línea de emisión dominante: para las regiones de formación estelar HII,  $H\alpha$  es la línea de emisión dominante y tiene el color real rojo. Para las nebulosas planetarias y remanentes de supernova se trata de la línea prohibida [OIII] que tiene al color verde; las nebulosas de reflexión presentan un espectro continuo porque se trata de polvo que refleja la luz estelar pero tienden a lucir en tonos azules pues la luz azul se dispersa más. Finalmente las nebulosas oscuras de polvo se observan como “manchas” oscuras porque absorben y ocultan la luz de estrellas de fondo.

### **Color Representativo**

El esquema de colores para el “color representativo” comúnmente es utilizado para procesar imágenes tomadas al visualizar longitudes de onda invisibles o sus combinaciones con imágenes ópticas (ver Figura 5). Su característica es que, para su asignación en una imagen, respeta el orden correcto de las longitudes de onda real, aunque cambie su color. Debido a que el ojo humano es incapaz de observar longitudes de onda superiores a 700 nm (ver Figura 3.1), los objetos que emiten en el cercano infrarrojo e infrarrojo resultan invisibles para nuestro ojo. Es por ello que estas imágenes capturadas

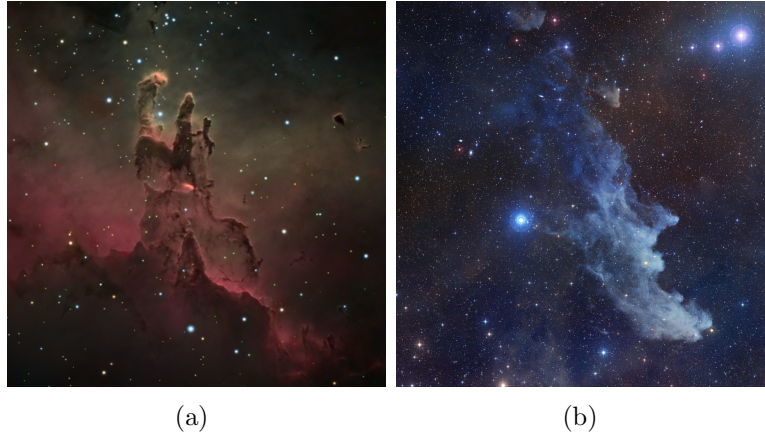


Figura 5.3: Imágenes en “color real”.(a) “Pilares de la Creación” o NGC 6611: región de formación estelar cuya línea dominante es  $H\alpha$  correspondiente al color rojo. Crédito: Harel Boren. (b) Nebulosa de Reflexión “Cabeza de Bruja” o IC 2118. Crédito: NASA/STScI Digitized Sky Survey/Noel Carboni.

con dos o más filtros, se les asignan tonos rojos, verdes y azules basados en el orden de sus longitudes de ondas relativas.

El color representativo se obtiene también cuando a los filtros ópticos  $H\alpha$ , OIII y SII se les asigna colores que no corresponden a su determinada longitud de onda pero sí mantienen el orden. Para estas imágenes capturadas en óptico, SII es color rojo,  $H\alpha$  color verde y OIII es azul. Esta asignación es conocida como “la paleta de Hubble” ya que es utilizada en muchas de sus imágenes y ha sido adoptado también para fotografías de otros observatorios profesionales y de aficionados.

### Color Falso

Hay dos modos de obtener imágenes en “color falso”. Uno es modificar una imagen en blanco y negro de manera que a sus niveles de brillo se le asigne colores diferentes (ver Figura 5.5a). El segundo es similar a los que se mencionaron antes, en las que en sus combinaciones se asignan colores distintivos a las imágenes obtenidas en diferentes filtros. Pero en este caso no se conserva el orden de colores que les corresponde de acuerdo a la longitud de onda original(Figura 5.5b).

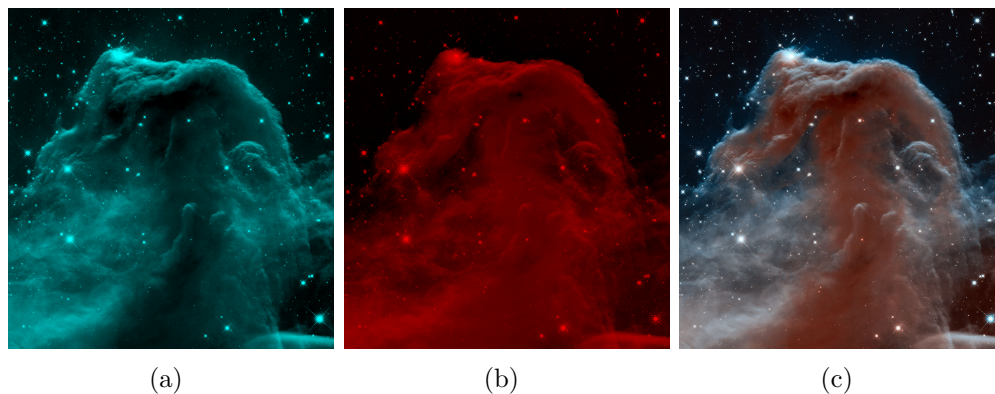


Figura 5.4: La “Nebulosa del Caballo” (o Barnard 33) emite a una longitud de onda de 800 nm a 2500 nm aproximadamente, correspondiente al cercano infrarrojo, el cual es imperceptible para el ojo humano. La imagen compuesta en color representativo (c) surge al superponer las imágenes (a) y (b) utilizando las bandas J(1100 nm) y H(1600 nm), respectivamente [13].

El procesamiento de imagen que se realiza para el Telescopio Espacial Hubble es de igual forma utilizado con observaciones de otros telescopios dedicados a observar diferentes longitudes de onda, tal como el Observatorio de rayos-X Chandra y el Telescopio Espacial Spitzer especializado en radiación infrarroja, o también telescopios terrestres profesionales y de aficionados. Frecuentemente se combinan imágenes de diferentes tipos de telescopios ópticos, ultravioletas, infrarrojas o rayos-X para obtener imágenes científicamente informativos pero cuyos colores no representan longitudes reales.

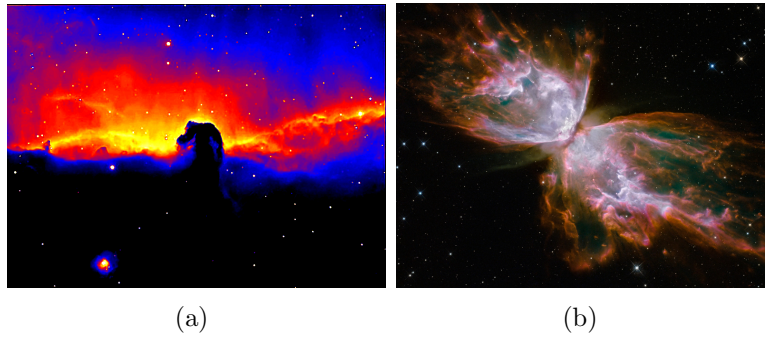


Figura 5.5: Imágenes en falso color. (a) “Nebulosa Cabeza de Caballo” o Barnard 33, creada con el programa SAOImage DS9 basada en una imagen en blanco y negro [21]. (b) “Nebulosa del Insecto” o NGC 6302; Crédito: NASA, ESA and the Hubble SM4 ERO Team.



# Capítulo 6

## Las bases generales para la creación de un póster infográfico.

En este capítulo expongo las consideraciones preliminares que he tomado en cuenta para crear un póster infográfico, tratando de contestar las siguientes preguntas:

¿Qué es la infografía?, ¿Cuál es su objetivo?

Una infografía es una representación gráfica de datos o conocimientos donde el objetivo principal es transmitir información de forma clara y precisa; es decir, permite comunicar de manera simple conceptos que son complejos. Al realizar el póster infográfico el lector se enfocará principalmente en los dibujos o gráficos y si llega necesitar más información entonces leerá lo escrito.

A continuación se muestran una serie de pasos que explican la metodología a seguir para realizar una buena infografía [22]:

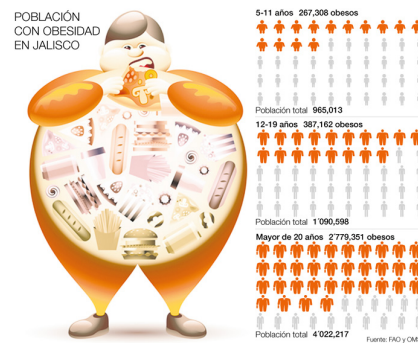
1. **Narrativa:** la “historia” que se desea transmitir.
2. **Recolección de Información:** Investigación en textos, artículos, imágenes, estadísticas, etc.
3. **Filtro de Información:** Clasificación de información en primaria y secundaria.
4. **Elaboración de borrador:** La información debe ser conectada entre sí de manera gráfica pero esquemática.

## 42 Las bases generales para la creación de un póster infográfico.

5. **Diseño de infografía:** Crear el póster a través de las diversas herramientas gratuitas en la web [23] (Visual.ly, Hohli, Infogr.am, Easel.ly, Picktochart, Visualiza.me, Power Point, etc).
6. **Elaboración del póster:** Evitar el uso de mucho texto y utilizar imágenes llamativas.
7. **Revisión del póster:** Comprobar que no existan errores ortográficos ni gramaticales.
8. **Publicar, compartir o difundir:** Hacer público el póster mediante los distintos medios de comunicación.



(a)



(b)

Figura 6.1: Ejemplos de póster infográfico: (a)Secuencial [24]: Representa por medio de pasos algún suceso o historia. (b)Estadístico [25]: Muestra preferencias utilizando gráficos.

# Capítulo 7

## Creación de un póster infográfico

Para este proyecto, el póster estará dividido en tres partes principales:

1. Usando una imagen grande para llamar la atención del público hacia el póster, se describen brevemente las diferentes clasificaciones de colores en las imágenes de las nebulosas.
2. En la segunda parte se explica como se procesan las imágenes desde que son capturadas por el telescopio hasta que se presentan en los distintos medios de comunicación.
3. En la parte final se incluyen ejemplos de una misma nebulosa representada con diferentes colores.

Uno de los objetivos del póster es demostrar que una sola nebulosa tiene distintas presentaciones cuando al momento de procesarla se utilizan diferentes colores, por ello se armó una imagen de tipo mosaico utilizando tres versiones de la Nebulosa de la Hélice, tal y como se muestra en la Figura 7.1.

Al inicio del trabajo se mostró una imagen con diferentes versiones de la “Nebulosa de Ojo de Gato” (ver Figura 1.1). En principio se quiso utilizar esta imagen como ejemplo principal pero resultó que las imágenes no venían acompañadas con suficiente información sobre su procesamiento. De hecho, no fue posible encontrar una imagen que mostrase el color verdadero de la nebulosa. Este hecho demuestra precisamente la problemática de la interpretación de colores de las nebulosas y la falta de información al

respecto, motivando el presente trabajo. A pesar de que existen cientos de imágenes en reconocidas páginas de internet (como Hubble Site [13] o Space Telescope [12]), en muchas ocasiones resulta preferible utilizar imágenes de astrónomos aficionados ya que ellos utilizan telescopios un poco más sencillos para observar y sus imágenes suelen ser menos procesadas.



Figura 7.1: Nebulosa de la Helice. (a) Aproximación a color real; Crédito: J-P Metsavainio [26]. (b) Color representativo; Crédito: NASA/GALEX [27]; (c) Color falso; Crédito NASA/ESA [28]

Es impráctico explicar a detalle, en un espacio tan limitado, todo el procesamiento de imagen que se lleva a cabo en los laboratorios de Hubble, por lo que me concentro en indicar los pasos principales que son relevantes para la coloración. Ya que se busca que este póster sea entendible sin mucho conocimiento previo y se debe evitar el uso de términos científicos poco conocidos, el procesamiento se resumió en cuatro pasos principales:

1. Paso 1. El telescopio captura la luz proveniente del Universo.
2. Paso 2. Utilizando distintos filtros se obtienen imágenes en blanco y negro.
3. Paso 3. Se le asigna un color a cada imagen.

4. Paso 4. Al combinar las imágenes coloreadas se genera la imagen final.

Cada paso fue ilustrado con una respectiva imagen. Los dos ejemplos finales que se muestran en la Figura 7.2 corresponden a la “Nebulosa del Cangrejo”.

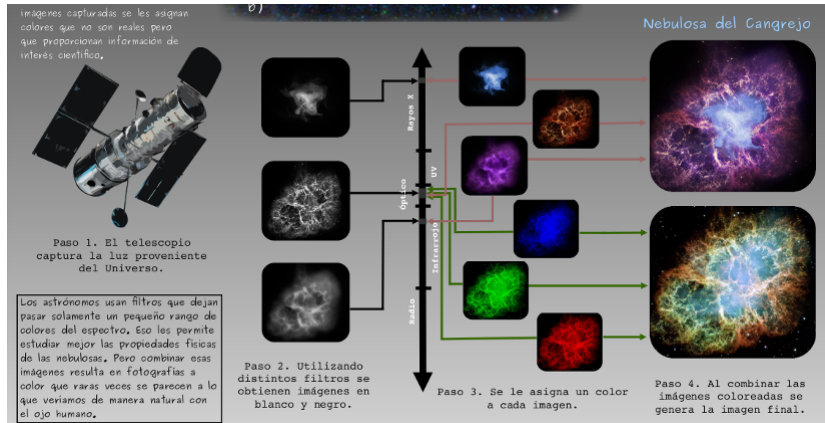


Figura 7.2: Procesamiento de imagen para la Nebulosa del Cangrejo. Las dos imágenes finales se muestran en falso color.

En a los distintos medios de comunicación, la nebulosa “Cabeza de Caballo” y los “Pilares de la Creación”, son de las imágenes astronómicas más conocidas ante el público en general. Así que para concluir el póster se muestran varias versiones de estas dos nebulosas (ver Figura 7.3).



Figura 7.3: Ejemplos de la “Nebulosa Cabeza de Caballo” y los “Pilares de la Creación”.

La imagen de la Nebulosa Cabeza de Caballo en Color representativo en Infrarrojo fue procesada por ESA/Hubble y NASA; en el caso de color representativo en Óptico lo realizó ESO; la imagen en color falso fue creada por

mi con el programa SAOImage DS9 [21]. Las imágenes en colores representativo (infrarrojo y óptico) de los Pilares de la Creación fueron procesadas por NASA, ESA/Hubbleand y Hubble Heritage Team y para el caso de color natural lo realizó Harel Boren [29].

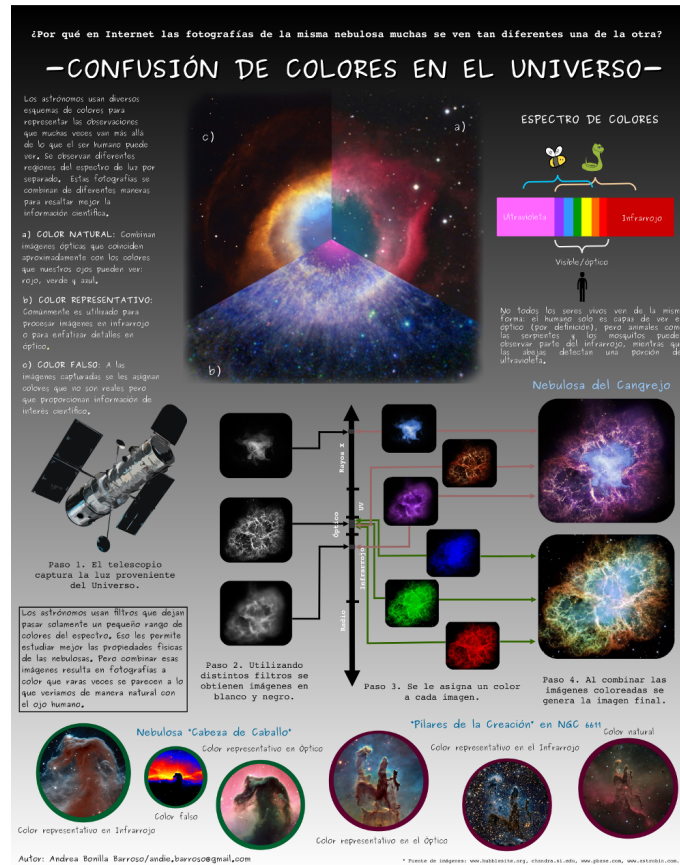


Figura 7.4: Póster infográfico sobre la representación y significado de los colores de las nebulosas.

# Capítulo 8

## Conclusiones.

Los diversos colores en las imágenes de nebulosas astrofísicas normalmente no corresponden a lo que nuestros ojos verían si pudiéramos observarlas de manera directa con nuestros ojos a través de un telescopio. Nuestra visión está limitada a observar únicamente el espectro visible y gran parte de las nebulosas emiten en longitudes de onda tanto superiores como inferiores, volviéndose así imposibles de detectar con nuestros ojos.

Es entonces que el color se vuelve una herramienta poderosa al momento de visualizar imágenes que contienen información invisible al ojo humano. Muchas veces el cómo y por qué se usó determinada elección de colores no solo genera interés, sino también confusión al momento de comparar varias versiones de una misma nebulosa.

En internet existen un sin fin de páginas con miles de imágenes de nebulosas, pero son pocos los sitios que muestran información detallada sobre sus características técnicas. Esto resultó un poco más evidente cuando se buscó imágenes de nebulosas en color real; en particular fue imposible encontrar una imagen a color real de la nebulosa de Ojo de Gato.

¿Por qué son escasas las imágenes en colores reales? Note que si se mostraran las nebulosas con colores aproximadamente reales, estas estarían en un solo color porque en muchos casos domina una sola línea espectral, por lo que se pierde su atractivo visual. Por ello los niveles de los diferentes colores básicos se ajustan, produciendo imágenes visualmente más atractivas e informativas pero no fiel a lo que veríamos directamente.

Por ello el objetivo principal de este proyecto era crear un póster infográfico donde se explicara los principales procesos que se lleva a cabo desde que se captura el objeto astronómico hasta que es presentado en las diferentes

páginas de internet (nos enfocamos en este medio de comunicación ya que es el que tiene mayor impacto en la sociedad actual). De forma general, es sencillo entender los pasos que se siguen para crear las imágenes que conocemos: el telescopio captura la imagen utilizando filtros que permiten determinada longitud de onda, mediante el uso de distintos filtros se obtienen varias imágenes individuales en blanco y negro, y dependiendo del tipo de filtro que se utilizó y del objetivo de la imagen, se seleccionan los respectivos colores.

La confusión surge cuando en muchas ocasiones los astrónomos utilizan colores que no corresponden a los filtros seleccionados o se tenga que incluir información de regiones espectrales fuera del óptico. La falta de información sobre la elección de colores en las imágenes genera confusión especialmente ante el público general, por lo que presentamos el póster infográfico que intenta aclarar las principales razones y técnicas para las diferentes imágenes de una misma nebulosa.

# Bibliografía

- [1] Institute for Astronomy, University of Hawaii; *Planetary Nebulae by Roberto Méndez*, No. 40 -2011.
- [2] COSMOS-The SAO Encyclopedia of Astronomy, *HII Regio*, pag: astronomy.swin.au
- [3] John S. Mathis, Encyclopedia Britannica, *Astronomy: HII region*, pag: global.britannica.com
- [4] W. Carrol Bradley and A. Ostlie Dale, “*An Introduction to Modern Astrophysics*”, Chapter 12: The Interstellar Medium and Star Formation, pp 398-399.
- [5] Martin Griffiths, (2012), *Planetary Nebulae and How to Observe Them. Astronomers Observing Guides Series*, Mike Inglis. Springer Verlag New York, pp 7,15,37,
- [6] *El diagrama de Hertzsprung-Russel*; pag: www.m.palacios.en.eresmas.net
- [7] Frank H. Shu, (1982), *The physical Universe: An Introduction to Astronomy*. University Science Books, pp:152,172.
- [8] pag: www.definicion.DE “Definición de color”
- [9] NASA, Imagine the Universe: Astronomer’s Toolbox, *The Electromagnetic Spectrum*, March 2013
- [10] Monica González, *Astrofísica- Leyes de Kirchoff*, 30 de Noviembre 2011, pag: fisica.laguia2000.com
- [11] Steven J Hynes, (1992), *Planetary Nebulae: A Practical Guide and Handbook for Amateur Astronomers*, Willmann-Bell, pp:1-20.

- [12] pag: [www.hubblesite.org](http://www.hubblesite.org)
- [13] pag: [www.spacetelescope.org](http://www.spacetelescope.org)
- [14] MUY INTERESANTE, Año XXVII, No. 1, *Notas, Astronomía: Imágenes de nuestro mundo*, pp 12.
- [15] MUY INTERESANTE, Año XXVII, No. 4, *Preguntas y Respuestas: ¿Cómo obtiene sus fotografías la NASA?*, pp 56,57.
- [16] National Geographic, Abril 2015, *Hubble at 25, The space telescope's scientist picks his top celestial views*, pp 62-75
- [17] Zoltan G. Levay, Space Telescope Science Institute, USA, 2010, pag: [www.stsci.edu](http://www.stsci.edu)
- [18] National Geographic, Digital Version, Abril 2015, *Hubble at 25, The space telescope's scientist picks his top celestial views*, pag: [ngm.nationalgeographic.com](http://ngm.nationalgeographic.com)
- [19] Torres, Silvia y Julieta Fierro, (2009), *"Nebulosas Planetarias: la hermosa muerte de las estrellas"*, México: FCE, SEP, ConacyT; Colec. La Ciencia para Todos.
- [20] Starship Asterisk, *The Pillars of Creation: Eagle Nebula Collection*, Julio 2010, pag: [asterisk.apod.com](http://asterisk.apod.com)
- [21] Ralph(pbase supporter),(2005), *Astrophotography: Horsehead Nebula*.
- [22] Acens the cloud services company, *Infografía: Cómo hacer una infografía en 9 pasos*, pag: [www.acens.com](http://www.acens.com)
- [23] Alex Serrano, *10 Herramientas para crear Infografías*, Con M de Marketing.
- [24] pag: [www.aulaplaneta.com](http://www.aulaplaneta.com)
- [25] HJ, *Obesidad: un problema de peso para Jalisco*, pag: [informador.mx](http://informador.mx)
- [26] J-P Metsavainio, *"Helix nebula with some new photons added"*, Junio 15 2010.

- 
- [27] Jet Propulsion Laboratory: California Institute of Technology, “*The Helix Nebula: Unraveling at the Seams*”, NASA/GALEX, Marzo 10 2012.
- [28] Hubble Space Telescope, “*Iridescent Glory of Nearby Planetary Nebula Showcased on Astronomy Day* ”; Crédito: NASA, NOAO, ESA, Hubble Helix Nebula Team, M. Meixner (STScI), T.A. Rector (NRAO), Mayo 2013.
- [29] pag: [www.astrobin.com](http://www.astrobin.com)