

ACTIVIDAD GUIADA 1 - ESTUDIO MULTIRRANGO DE LA GALAXIA BGC 2997  
CON VO

BASE DE DATOS: EL OBSERVATORIO VIRTUAL 3 ECTS  
TECNICAS INFORMATICAS Y ANALISIS DE DATOS



ESTUDIANTE: ANTONIO MARIA PEREZ  
PROFESOR: JOAN CLIMENT - PHD

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE VALENCIA  
VALENCIA  
20 DE NOVIEMBRE DEL 2020

## TABLA DE CONTENIDO

ACTIVIDAD GUIADA 1 - ESTUDIO MULTIRRANGO DE LA GALAXIA BGC 2997 CON VO.1	1
Introducción .....	3
MARCO TEORICO .....	3
Espectro electromagnético .....	3
Las ondas de radiofrecuencia .....	5
.....	6
Las microondas .....	6
La radiación infrarroja .....	7
La luz visible .....	7
Radiación ultravioleta .....	8
Rayos X .....	10
Rayos gamma .....	10
Conclusiones aplicaciones del espectro electromagnético .....	10
Líneas de Fraunhofer .....	14
Sistema fotométrico .....	15
Efecto Doppler .....	18
Sistema Fotométrico de los cúmulos estelares .....	19
Clasificación Morfológica .....	20
Punto 1. Calibración astrométrica de las imágenes en todas las bandas, con figuras que muestren el catálogo superpuesto a cada imagen calibrada) .....	20
Punto 2. Combinación RGB con los filtros dados en la tabla 1) .....	27
Punto 3. Descripción de la galaxia a partir de esa imagen RGB .....	30
Punto 4 y 5. Realización de otras combinaciones RGB con el resto de imágenes y descripción de la galaxia a partir de las imágenes RGB .....	31
Punto 6. Realización de una combinación RGB que permita observar el kpc central de esta galaxia .	40
Punto 7 y 8. Superposición de observaciones de radio a través de un mapa de contornos para la galaxia NGC 2997, en VLA como en RGB. ....	42
Punto 9. Se comentará el resultado y en particular la distribución de la emisión en continuo radio a 1.4GHz (21 cm) respecto a las diferentes regiones de la galaxia descritas anteriormente con las imágenes en el visible. ....	47

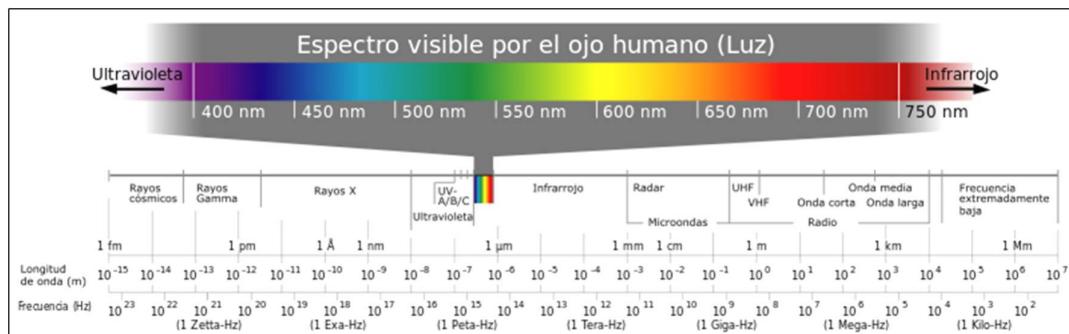
## Introducción

En esta Actividad Guiada 1 se hará una introducción a la utilización de las funciones básicas de la herramienta ALADIN, a la vez que se presentará un caso de uso. Esta actividad nos servirá para familiarizarnos con sus funciones básicas, cargando imágenes desde local, superponiendo catálogos de estrellas, realizando calibraciones astrométricas, creando imágenes compuestas en RGB, y por último, superponiendo observaciones de radio. Esto se aplicará a la galaxia NGC 2997, que nos permitirá destacar diferentes partes de esta galaxia espiral en solo un vistazo

## MARCO TEORICO

### Espectro electromagnético

Existen diferentes tipos de ondas electromagnéticas, que se distinguen por su frecuencia. El conjunto de todas ellas es el espectro electromagnético: En la imagen se puede apreciar que las ondas de radio son las de menor frecuencia de todo el espectro. Los rayos X y gamma son las ondas de mayor frecuencia, y por lo tanto las más energéticas. En medio tenemos la luz visible que nuestros ojos y nuestro cerebro son capaces de recibir y transformar en imágenes; dentro de la luz visible, a cada color le corresponde una frecuencia. Si bien, el límite para la longitud de onda más pequeña posible no sería la longitud de Planck (porque el tiempo característico de cada modalidad de interacción es unas 1020 veces mayor al instante de Planck). Ninguna de ellas podría oscilar con la frecuencia necesaria para alcanzar aquella longitud de onda), se cree que el límite máximo sería el tamaño del Universo aunque formalmente el espectro electromagnético es infinito y continuo.

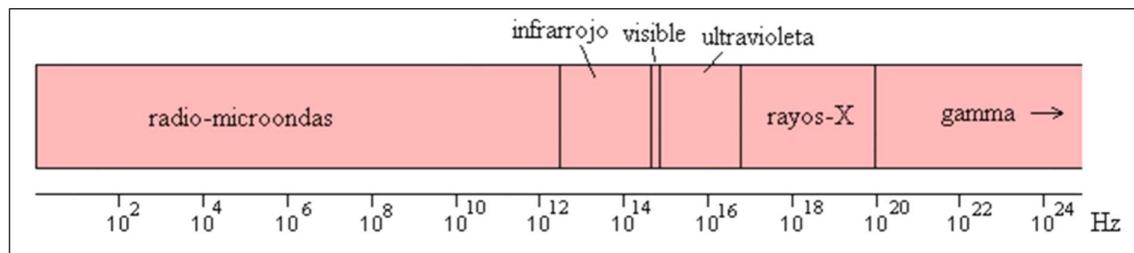


Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_visible](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_visible)

Banda	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)	Energía (J)
Rayos gamma	< 10 pm	> 30,0 EHz	> 20·10 <sup>-15</sup> J
Rayos X	< 10 nm	> 30,0 PHz	> 20·10 <sup>-18</sup> J
Ultravioleta extremo	< 200 nm	> 1,5 PHz	> 993·10 <sup>-21</sup> J
Ultravioleta cercano	< 380 nm	> 789 THz	> 523·10 <sup>-21</sup> J
Luz Visible	< 780 nm	> 384 THz	> 255·10 <sup>-21</sup> J
Infrarrojo cercano	< 2,5 µm	> 120 THz	> 79·10 <sup>-21</sup> J
Infrarrojo medio	< 50 µm	> 6,00 THz	> 4·10 <sup>-21</sup> J
Infrarrojo lejano/submilimétrico	< 1 mm	> 300 GHz	> 200·10 <sup>-24</sup> J
Microondas	< 30 cm	> 1 GHz	> 2·10 <sup>-24</sup> J
Ultra Alta Frecuencia - Radio	< 1 m	> 300 MHz	> 19,8·10 <sup>-26</sup> J
Muy Alta Frecuencia - Radio	< 10 m	> 30 MHz	> 19,8·10 <sup>-28</sup> J
Onda Corta - Radio	< 180 m	> 1,7 MHz	> 11,22·10 <sup>-28</sup> J
Onda Media - Radio	< 650 m	> 650 kHz	> 42,9·10 <sup>-29</sup> J
Onda Larga - Radio	< 10 km	> 30 kHz	> 19,8·10 <sup>-30</sup> J
Muy Baja Frecuencia - Radio	> 10 km	< 30 kHz	< 19,8·10 <sup>-30</sup> J

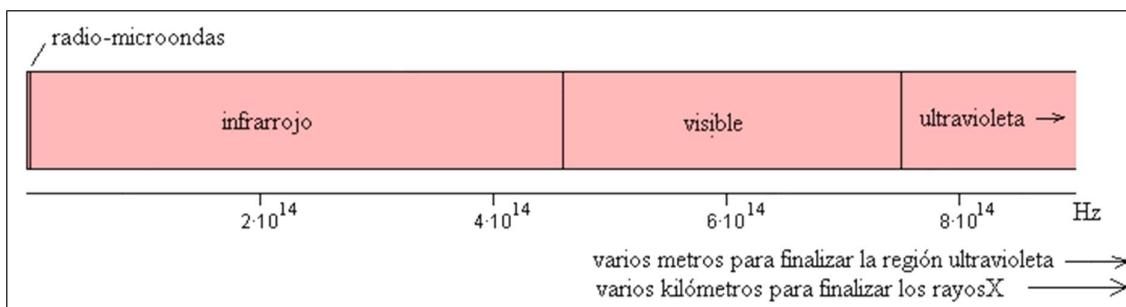
Fuente:[https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tic](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tic)

En la siguiente figura, se muestra las distintas regiones del espectro en escala logarítmica. En esta escala las ondas de radio y microondas ocupan un amplio espacio. En esta escala podemos ver todas las regiones del espectro, sin embargo, el tamaño relativo de las distintas regiones está muy distorsionado.



Fuente: elaboración propia, con datos de Wikipedia:  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/espectro/espectro.htm>

En esta otra figura, se representa las distintas regiones del espectro en escala lineal. Vemos como la región correspondiente a las ondas de radio y a las microondas es muy pequeña comparada con el resto de las regiones. El final de la región ultravioleta estaría varios metros a la derecha del lector, y el final de los rayos X varios kilómetros a la derecha del lector.



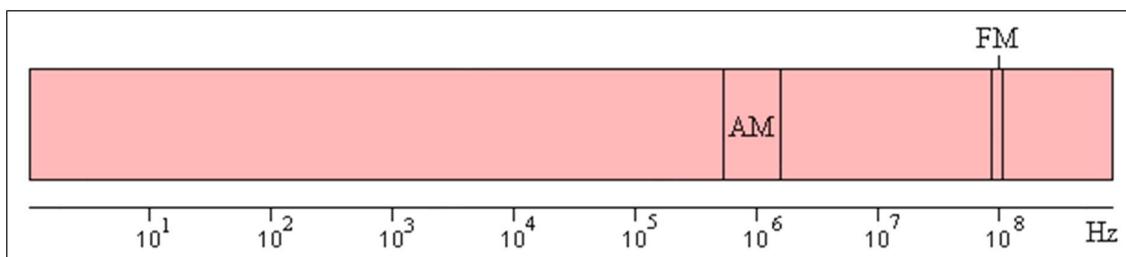
Fuente: elaboración propia, con datos de Wikipedia:  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/espectro/espectro.htm>

Por lo tanto, no se puede dibujar la representación lineal de todo el espectro electromagnético, porque sería de un tamaño gigantesco. Pero se puede dibujar la representación lineal de una fracción del espectro electromagnético, para darnos cuenta de las dimensiones relativas reales de sus distintas regiones. Las características de las distintas regiones del espectro son las siguientes:

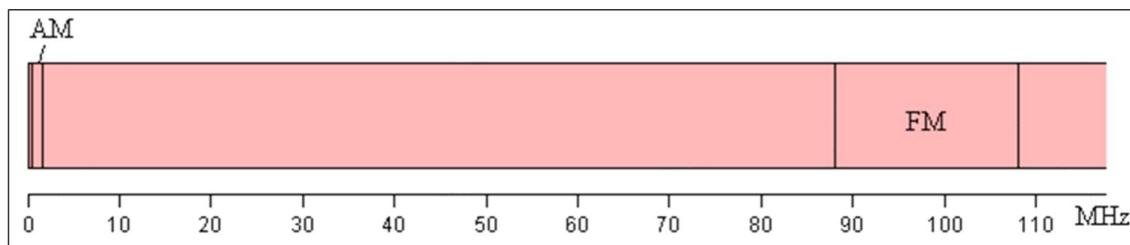
#### Las ondas de radiofrecuencia

Sus frecuencias van de 0 a 109 Hz, se usan en los sistemas de radio y televisión y se generan mediante circuitos oscilantes. Las ondas de radiofrecuencia y las microondas son especialmente útiles por que en esta pequeña región del espectro las señales producidas pueden penetrar las nubes, la niebla y las paredes. Estas son las frecuencias que se usan para las comunicaciones vía satélite y entre teléfonos móviles. Organizaciones internacionales y los gobiernos elaboran normas para decidir qué intervalos de frecuencias se usan para distintas actividades: entretenimiento, servicios públicos, defensa, etc.

En la figura, se representa la región de radiofrecuencia en dos escalas: logarítmica y lineal. La región denominada AM comprende el intervalo de 530 kHz a 1600 kHz, y la región denominada FM de 88 MHz a 108 MHz. La región FM permite a las emisoras proporcionar una excelente calidad de sonido debido a la naturaleza de la modulación en frecuencia.



Fuente: elaboración propia, con datos de Wikipedia:  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/espectro/espectro.htm>



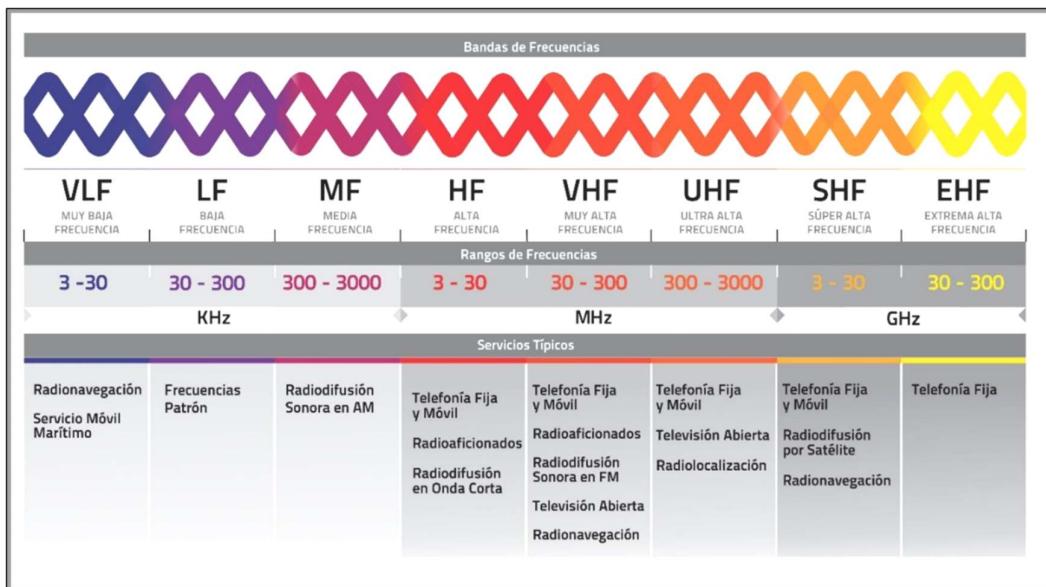
Fuente: elaboración propia, con datos de Wikipedia:  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/espectro/espectro.htm>

### Las microondas

Se usan en los radares y otros sistemas de comunicación, así como en el análisis de detalles muy finos de la estructura atómica y molecular. **Se generan mediante dispositivos electrónicos.** La definición del espectro de microondas depende de la fuente. Varios autores consideran que las microondas abarcan las frecuencias entre 300 MHz y 300 GHz, pero los estándares IEC 60050 e IEEE 100 sitúan el espectro entre 1 GHz y 300 GHz.<sup>5</sup> Estas frecuencias abarcan parte del rango de UHF y todo el rango de SHF y EHF. Estas ondas se utilizan en numerosos sistemas, como múltiples dispositivos de transmisión de datos, radares y hornos microondas.

Bandas de frecuencia de microondas															
Banda	P	L	S	C	X	K <sub>u</sub>	K	K <sub>a</sub>	Q	U	V	E	W	F	D
Inicio (GHZ)	0,2	1	2	4	8	12	18	26,5	30	40	50	60	75	90	110
Final (GHZ)	1	2	4	8	12	18	26,5	40	50	60	75	90	110	140	170

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Microondas>



Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Banda\\_de\\_frecuencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Banda_de_frecuencia)

### La radiación infrarroja

Se subdivide en tres regiones, infrarrojo lejano, medio y cercano. Los cuerpos calientes producen radiación infrarroja y tienen muchas aplicaciones en la industria, medicina, astronomía, etc.

### La luz visible

Es una región muy estrecha pero la más importante, **ya que nuestra retina es sensible a las radiaciones de estas frecuencias**. A su vez, se subdivide en seis intervalos que definen los colores básicos (rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta).



Fuente: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/espectro/espectro.htm>

## Radiación ultravioleta

Los átomos y moléculas sometidos a descargas eléctricas producen este tipo de radiación. No debemos de olvidar que la radiación ultravioleta es la componente principal de la radiación solar.

La energía de los fotones de la radiación ultravioleta es del orden de la energía de activación de muchas reacciones químicas lo que explica muchos de sus efectos.

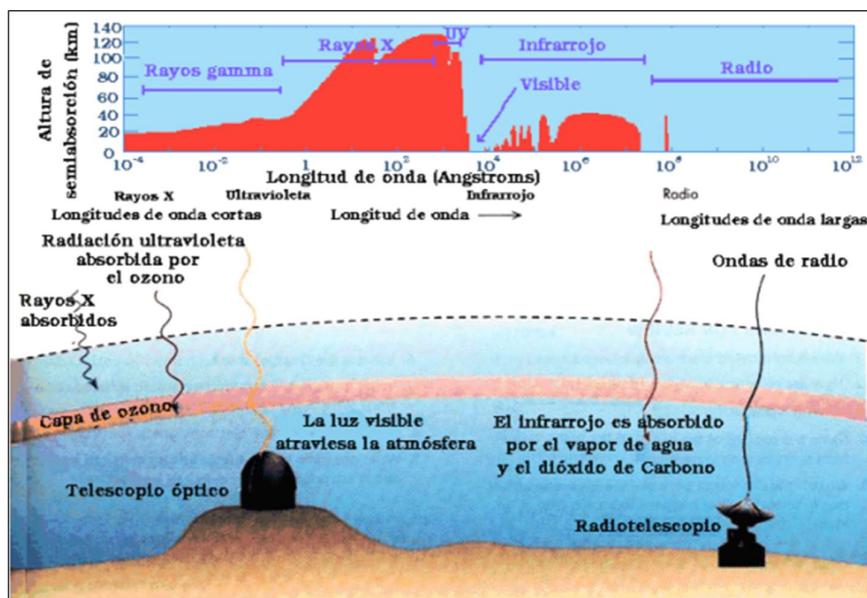
Como por ejemplo, el oxígeno se disocia en la ozonosfera por la acción de la radiación ultravioleta. Una molécula de oxígeno absorbe radiación de longitudes de onda en el intervalo entre 1600 Å y 2400 Å (o fotones de energía comprendida entre 7.8 eV y 5.2 eV) y se disocia en dos átomos de oxígeno.



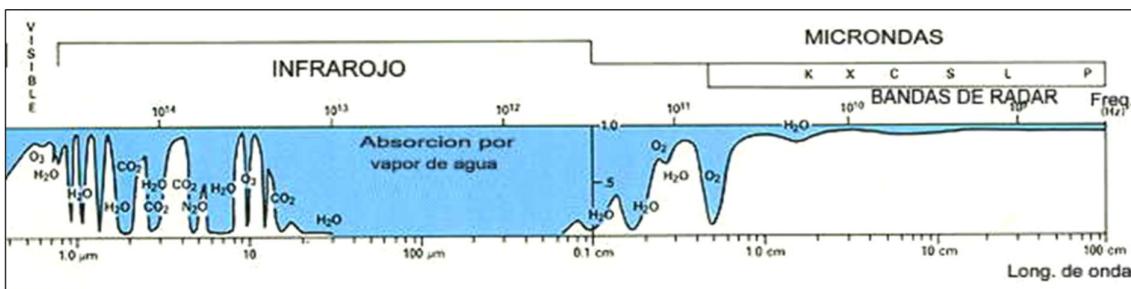
El oxígeno atómico producido se combina con el oxígeno molecular para formar ozono, O<sub>3</sub>, que a su vez se disocia fotoquímica mente por absorción de la radiación ultravioleta de longitud de onda comprendida entre 2400 Å y 3600 Å (o fotones de energía entre 5.2 eV y 3.4 eV).



Estas dos reacciones absorben prácticamente toda radiación ultravioleta que viene del Sol por lo que solamente llega una pequeña fracción a la superficie de la Tierra. Si desapareciese de la capa de ozono, la radiación ultravioleta destruiría muchos organismos a causa de las reacciones fotoquímicas. Este es uno de los problemas para realizar observaciones desde la Tierra, independientemente del instrumento que utilicemos para ello, es que la atmósfera es opaca para la mayoría de las longitudes de onda, permitiéndonos sólo la observación de aquellas regiones del espectro que la pueden traspasar. En la siguiente figura se observa el comportamiento de la atmósfera para las distintas regiones espectrales:



Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación / Documento: Radio Telescopio.



Fuente: <http://www-atmo.at.fcen.uba.ar/satelite/curso/satelite/satuno/radiacion.htm>

En la parte superior del gráfico, la zona roja indica aproximadamente las alturas en las que la radiación es absorbida en la atmósfera para cada longitud de onda. Se observa que la atmósfera presenta algunas “ventanas” que permiten el paso de ciertas longitudes de onda hasta la superficie terrestre. Las ventanas más importantes aparecen listadas en la siguiente tabla:

Longitudes de onda	Ventana
< 300 nm	Atmósfera opaca por absorción por el ozono
3.000 – 9.000 Å	Ventana UV-Visible-IR cercano
1 – 5 micras	Ventana IR entre H <sub>2</sub> O y CO <sub>2</sub>
8 – 20 micras	Ventanas IR
1,3 cm – 1,9 mm	Ventanas centimétricas-milimétricas
1,8 – 1,1 mm	Ventana milimétrica
0,8, 0,45, 0,35 mm	Ventanas submilimétricas
2 cm – 10 m	Ventana de Radio
> 10 m	Atmósfera opaca por absorción por la ionosfera

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación / Documento: Radio Telescopio.

La única información que desde la superficie de la Tierra se puede obtener del espacio es la correspondiente a las ventanas de transparencia citadas en el cuadro anterior. **Se observa que los únicos telescopios que tienen razón de ser en la Tierra son los de rango óptico, algunas regiones del infrarrojo, y en radio, además de las longitudes de onda milimétricas y submilimétricas.**

## Rayos X

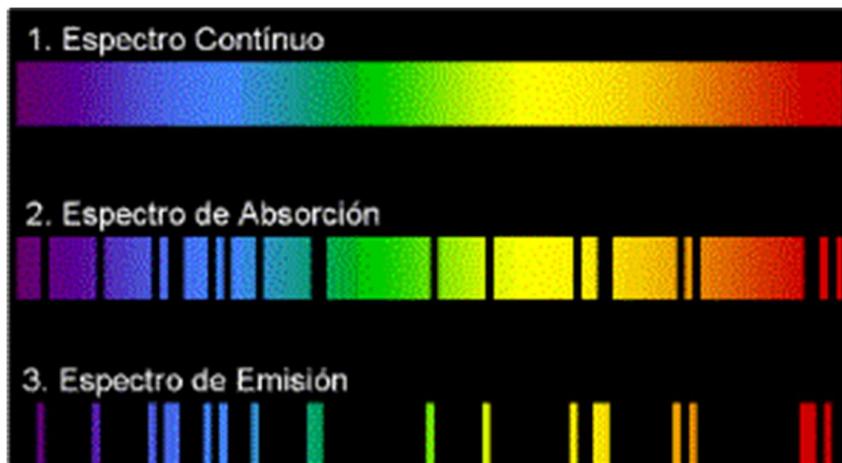
Si se aceleran electrones y luego, se hacen chocar con una placa metálica, la radiación de frenado produce rayos X. Los rayos X se han utilizado en medicina desde el mismo momento en que los descubrió Röntgen debido a que los huesos absorben mucho más radiación que los tejidos blandos. Debido a la gran energía de los fotones de los rayos X son muy peligrosos para los organismos vivos.

## Rayos gamma

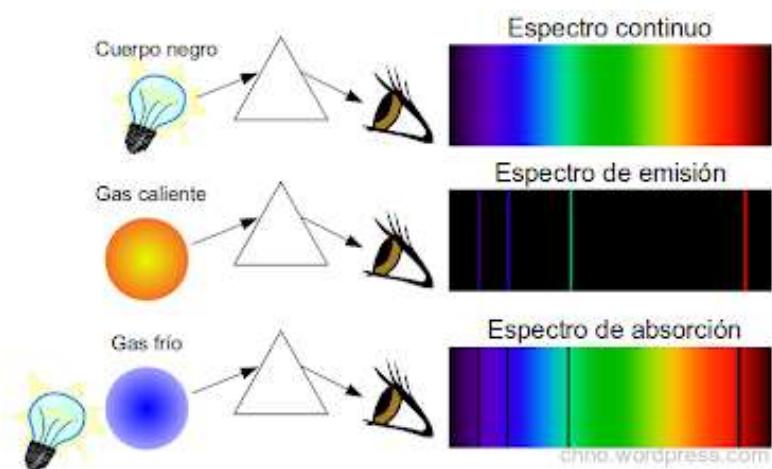
se producen en los procesos nucleares, por ejemplo, cuando se desintegran las sustancias radioactivas. Es también un componente de la radiación cósmica y tienen especial interés en astrofísica. La enorme energía de los fotones gamma los hace especialmente útiles para destruir células cancerosas. Pero son también peligrosos para los tejidos sanos por lo que la manipulación de rayos gamma requiere de un buen blindaje de protección.

## Conclusiones aplicaciones del espectro electromagnético

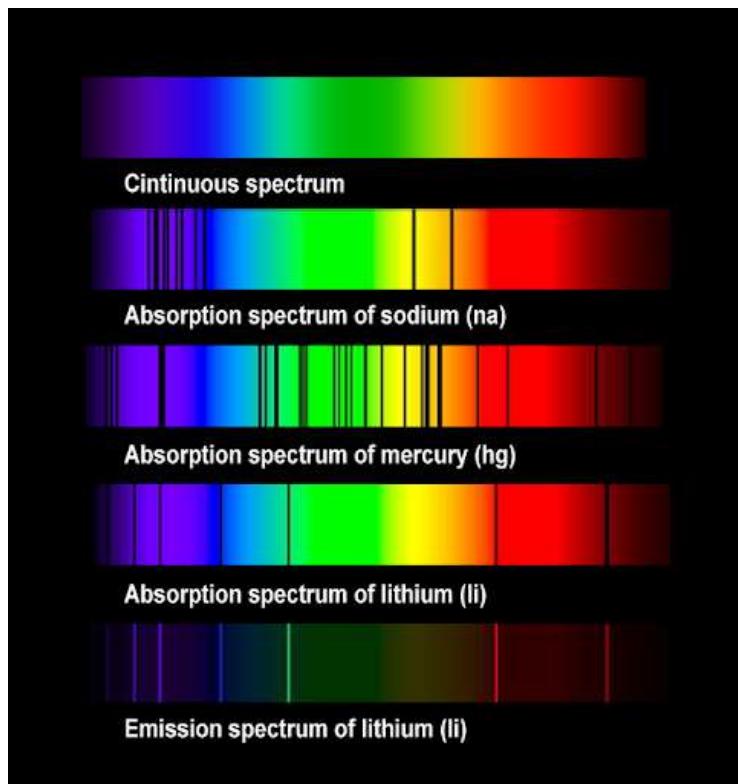
Se puede obtener mucha información acerca de las propiedades físicas de un objeto a través del estudio de su espectro electromagnético, ya sea por la luz emitida (radiación de cuerpo negro) o absorbida por él. Esto es la espectroscopía y se usa ampliamente en astrofísica y química. Para ello se analizan los espectros de emisión y absorción.



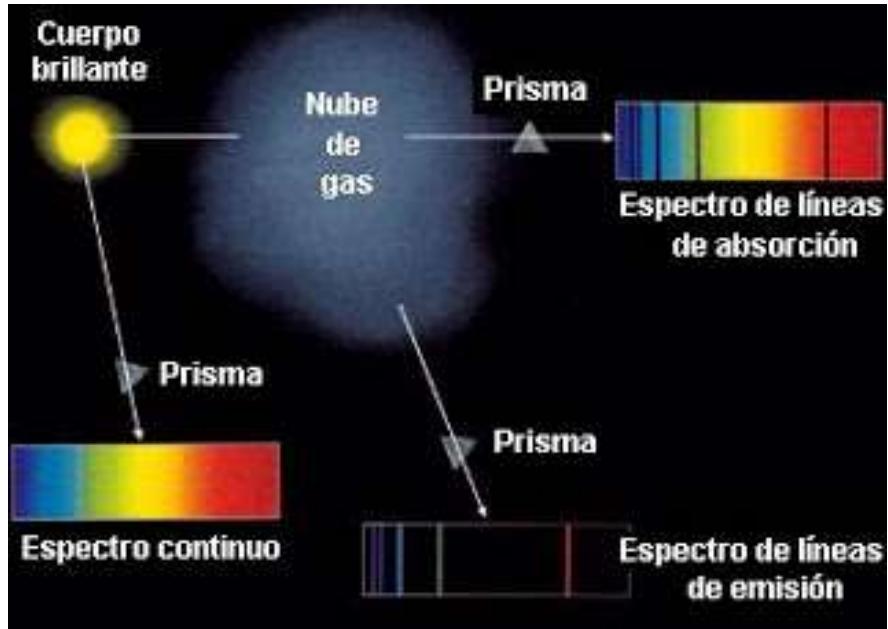
Fuente: <https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-la-luz/efecto-doppler/>



Fuente: <https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-la-luz/efecto-doppler/>



Fuente: <https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-la-luz/efecto-doppler/>

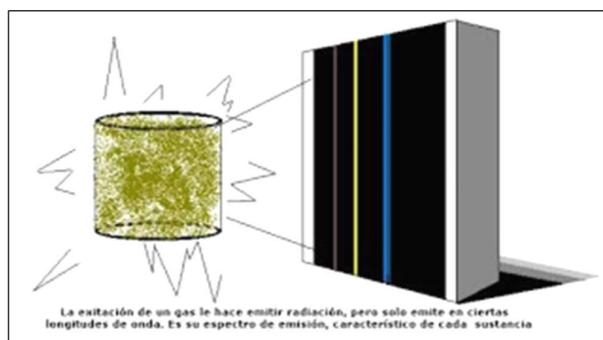


Fuente: <https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-la-luz/efecto-doppler/>

Para la imagen anterior podemos ver un ejemplo de aplicación del estudio de los espectros. Cuando la luz incide sobre una nube de gas, su posterior estudio, revela los componentes de los que está formada, ya que sólo pasarán aquellas longitudes de onda que no hayan sido absorbidas por la nube. Cada elemento tiene su propia firma espectral. En este enlace podrá consultar tanto el espectro de emisión como el de absorción de los diferentes elementos de la tabla periódica.

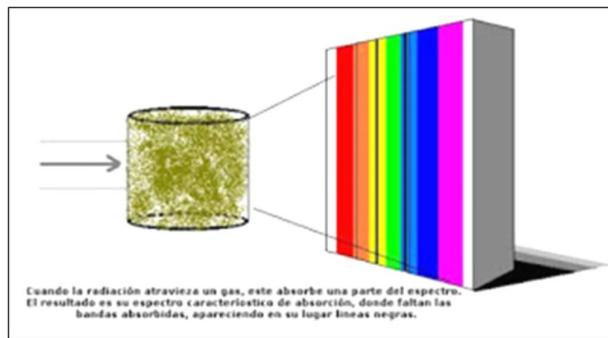
Cada átomo es capaz de emitir o absorber radiación electromagnética, aunque solamente en algunas frecuencias que son características propias de cada uno de los diferentes elementos químicos.

Si, mediante suministro de energía calorífica, se estimula un determinado elemento en su fase gaseosa, sus átomos emiten radiación en ciertas frecuencias del visible, que constituyen su espectro de emisión.



Fuente: <http://elfisicocoloco.blogspot.com/2012/11/espectros-atomicos-emision-y-absolucion.html>

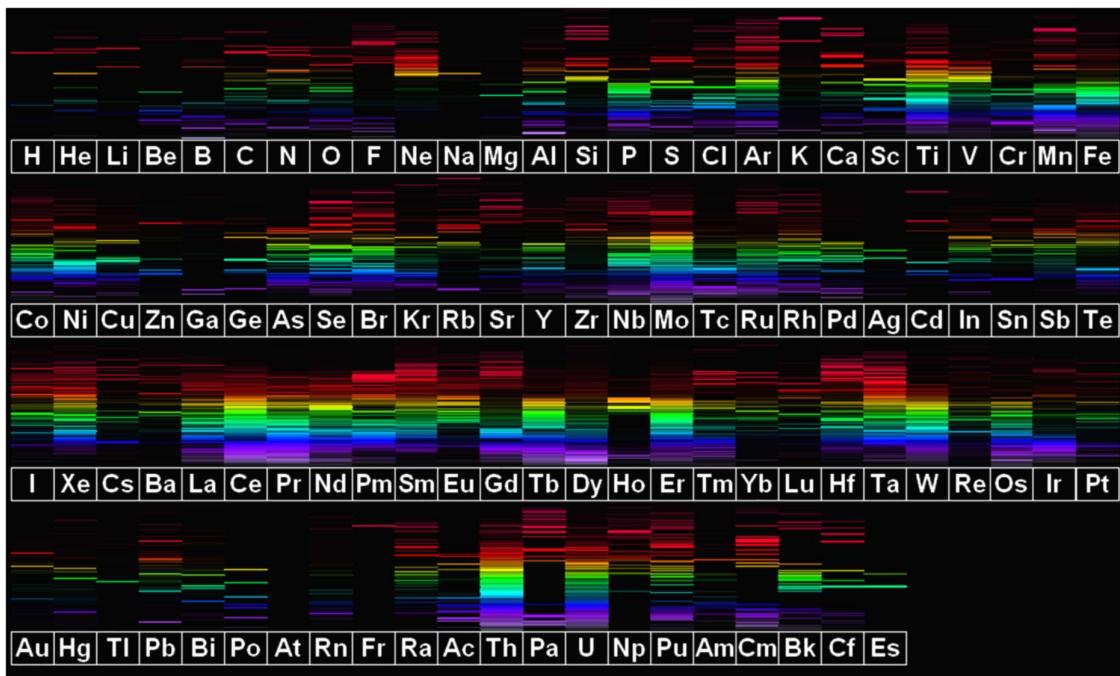
Si el mismo elemento, también en estado de gas, recibe radiación electromagnética, absorbe en ciertas frecuencias del visible, precisamente las mismas en las que emite cuando se estimula mediante calor. Este será su espectro de absorción.



Fuente: <http://elfisicocoloco.blogspot.com/2012/11/espectros-atomicos-emision-y-absolucion.html>

El espectro de emisión atómica de un elemento es un conjunto de frecuencias de las ondas electromagnéticas emitidas por átomos de ese elemento, en estado gaseoso, cuando se le comunica energía. El espectro de emisión de cada elemento es único y puede ser usado para determinar si ese elemento es parte de un compuesto desconocido.

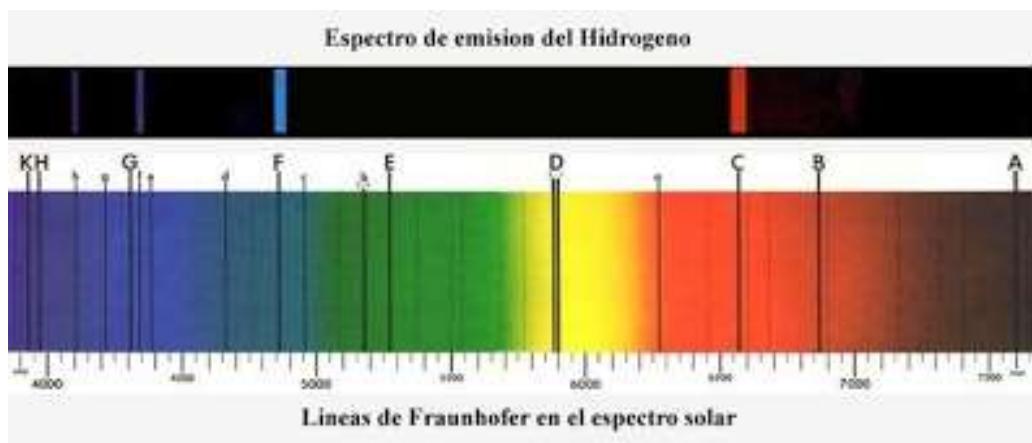
El espectro de absorción de un material muestra la fracción de la radiación electromagnética incidente que un material absorbe dentro de un rango de frecuencias. Es, en cierto sentido, el opuesto de un espectro de emisión. Cada elemento químico posee líneas de absorción en algunas longitudes de onda, hecho que está asociado a las diferencias de energía de sus distintos orbitales atómicos. De hecho, se emplea el espectro de absorción para identificar los elementos componentes de algunas muestras, como líquidos y gases; más allá, se puede emplear para determinar la estructura de compuestos orgánicos. Un ejemplo de las implicaciones de un espectro de absorción es que aquel objeto que lo haga con los colores azul, verde y amarillo aparecerá de color rojo cuando incida sobre él luz blanca.



Fuente: <http://www.fiquipedia.es/home/recursos/recursos-espectro?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>

### Líneas de Fraunhofer

En física y óptica, las líneas de Fraunhofer<sup>1</sup> son un conjunto de líneas espectrales nombradas en honor al físico alemán Joseph Von Fraunhofer (1787-1826) que fue el primero que las estudió. Las líneas se observaron originalmente como bandas oscuras en el espectro solar.



Fuente: <http://www.fiquipedia.es/home/recursos/recursos-espectro?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>

En la siguiente tabla mostramos las líneas de Fraunhofer principales, y los elementos a los que están asociadas:

Denominación	Elemento	Long. de onda (nm)	Denominación	Elemento	Long. de onda (nm)
y	O <sub>2</sub>	898,765	c	Fe	495,761
Z	O <sub>2</sub>	822,696	F	H β	486,134
A	O <sub>2</sub>	759,370	d	Fe	466,814
B	O <sub>2</sub>	686,719	e	Fe	438,355
C	H α	656,281	f	H γ	434,047
a	O <sub>2</sub>	627,661	G	Fe	430,790
D <sub>1</sub>	Na	589,592	G	Ca	430,774
D <sub>2</sub>	Na	588,995	h	H δ	410,175
D <sub>3</sub> (o d)	He	587,565	H	Ca <sup>+</sup>	396,847
E <sub>2</sub>	Fe	527,039	K	Ca <sup>+</sup>	393,368
b <sub>1</sub>	Mg	518,362	L	Fe	382,044
b <sub>2</sub>	Mg	517,270	N	Fe	358,121
b <sub>3</sub>	Fe	516,891	P	Ti <sup>+</sup>	336,112
b <sub>4</sub>	Fe	516,751	T	Fe	302,108
b <sub>4</sub>	Mg	516,733	t	Ni	299,444

Fuente: <https://www.google.com.co/webhp?tab=rw&authuser=0>

Las líneas de Fraunhofer C-, F-, G<sup>-</sup> y h- corresponden a las Líneas de Balmer alfa, beta, gamma y delta de emisión del átomo de hidrógeno. Las líneas D1 y D2 forman el bien conocido "doblete de sodio", a cuya longitud de onda central (589,29 nm) se le asigna la letra "D".

### Sistema fotométrico

En astronomía, un sistema fotométrico es un conjunto de bandas de paso o filtros ópticos bien definidos, con una sensibilidad conocida a la radiación incidente. La sensibilidad generalmente depende del sistema óptico, detectores y filtros utilizados.

Un sistema fotométrico estandarizado comúnmente adoptado es el sistema fotométrico Johnson-Morgan o UBV (1953). En la actualidad, **existen más de 200 sistemas fotométricos**. Los sistemas fotométricos se caracterizan generalmente de acuerdo con los anchos de sus bandas de paso:

1. banda ancha (bandas de paso de más de 30 nm, de las cuales el más utilizado es el sistema Johnson-Morgan UBV)
2. banda intermedia (bandas de paso entre 10 y 30 nm de ancho)
3. banda estrecha (bandas de paso de menos de 10 nm de ancho)

Filter Letter	Effective Wavelength Midpoint $\lambda_{\text{eff}}$ for Standard Filter <sup>[2]</sup>	Full Width Half Maximum <sup>[2]</sup> (Bandwidth $\Delta\lambda$ )	Variant(s)	Description
Ultraviolet				
U	365 nm	66 nm	u, u', u*	"U" stands for ultraviolet.
Visible				
B	445 nm	94 nm	b	"B" stands for blue.
V	551 nm	88 nm	v, v'	"V" stands for visual.
G <sup>[3]</sup>	464 nm	128 nm	g'	"G" stands for green.
R	658 nm	138 nm	r, r', R', R <sub>c</sub> , R <sub>e</sub> , R <sub>j</sub>	"R" stands for red.
Near-Infrared				
I	806 nm	149 nm	i, i', I <sub>c</sub> , I <sub>e</sub> , I <sub>j</sub>	"I" stands for infrared.
Z	900 nm <sup>[4]</sup>		z, z'	
Y	1020 nm	120 nm	y	
J	1220 nm	213 nm	J', J <sub>s</sub>	
H	1630 nm	307 nm		
K	2190 nm	390 nm	K Continuum, K, K <sub>s</sub> , K <sub>long</sub> , K <sup>8</sup> , nbK	
L	3450 nm	472 nm	L', nbL'	
Mid-Infrared				
M	4750 nm	460 nm	M', nbM	
N	10500 nm	2500 nm		
Q	21000 nm <sup>[5]</sup>	5800 nm <sup>[5]</sup>	Q'	

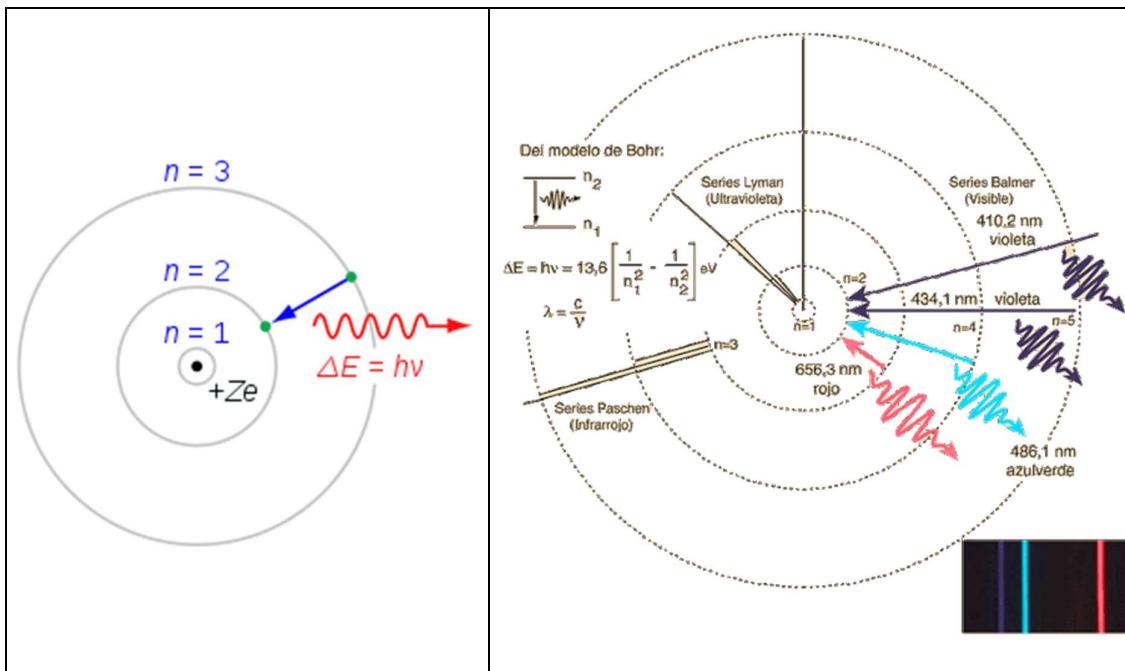
Fuente: [https://es.qaz.wiki/wiki/Photometric\\_system](https://es.qaz.wiki/wiki/Photometric_system)

Cada letra designa una sección particular del espectro electromagnético; la mayoría de estas secciones se encuentran dentro de la región que abarca el ultravioleta cercano (NUV), el visible y la mayoría del infrarrojo cercano (NIR). Las letras no son estándares, pero son reconocidas de común acuerdo entre astrónomos y astrofísicos.

En el caso especial del espectro electromagnético del Hidrógeno (H); H-alfa, H-beta y H-gamma, , resultan del salto de un electrón entre el segundo nivel de energía más cercano al núcleo y aquellos niveles más distantes, esto según el modelo simplificado de Rutherford Bohr del átomo de hidrógeno:

Hidrógeno	Longitud de onda $\lambda$
n = 3 a n = 2 se llama H-alfa, o H $\alpha$	656,3 nm <b>rojo</b>
n = 4 a n = 2 se llama H-beta, o H $\beta$	486,1 nm <b>azul verde</b>
n = 5 a n = 2 se llama H-gamma, o H $\gamma$ , etc	434,1 nm <b>violeta</b>

Fuente: Elaboración propia



Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9%CE%B1>

La investigación y la tecnología ha facilitado mejorar y tener detectores de buena sensibilidad, con respuesta espectral y linealidad. También el mejoramiento de la transmisión y estabilidad de los filtros estilizados. Mese (2010:33) en su trabajo menciona algunos de los sistemas antiguos que han sido mejorados con el paso del tiempo gracias a los nuevos detectores que tienen mayor sensibilidad, respuesta espectral y linealidad. Así como por las mejoras en la transmisión y estabilidad de los filtros. Existe la denominada lista (Bessell, 2005):

<b>Sistemas de Banda ancha</b> UBV RI de Johnson-Cousins CMT1T2 de Washington ugriz del Sloan Digital Sky Survey HpBT VT de Hipparcos WFPC2 160w, 336, 439, 450, 555, 675, 814 del HST	<b>Sistemas de banda intermedia</b> uvby de Strömgren 35, 38, 41, 42, 45, 48 de DDO UBB1B2V V1G de Geneva UPXY ZV S de Vilnius WULBV de Walraven
<b>Sistemas de banda angosta</b> Sistema de magnitud AB de Oke" Sistema Wing de 8 colores	<b>Sistemas fotométricos infrarrojos</b> JHKLMN de Johnson/Glass JHKL\$M\$ de MKO"

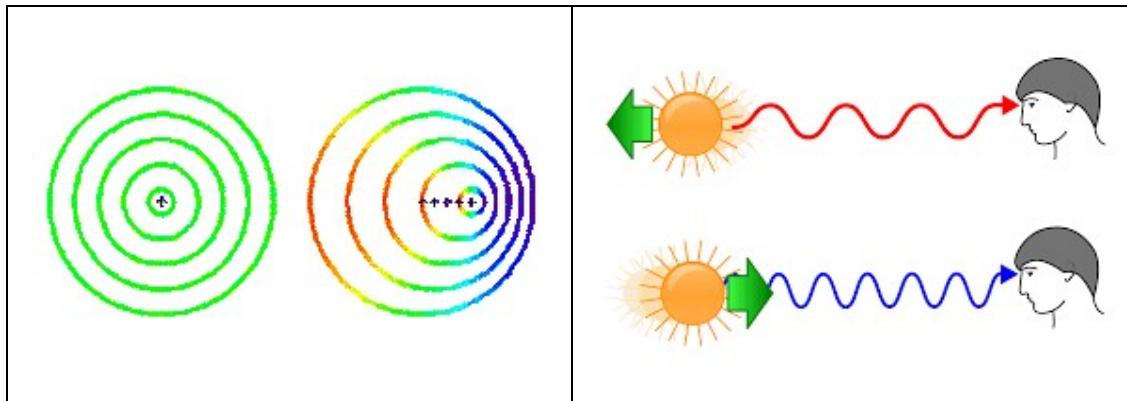
Fuente: Elaboración propia

## Efecto Doppler

Cuando se analiza el espectro electromagnético de la luz de una estrella o galaxia, se puede apreciar en este un corrimiento al rojo o un corrimiento al azul es decir los colores visibles se desplazan hacia un extremo u otro del espectro visible. Esto ocurre gracias al efecto Doppler, llamado así por el físico austriaco Christian Andreas Doppler, es el aparente cambio de frecuencia de una onda producido por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador. Doppler propuso este efecto en 1842 en su tratado *Über das farbige Licht der Doppelsterne und einige andere Gestirne des Himmels* (Sobre el color de la luz en estrellas binarias y otros astros).

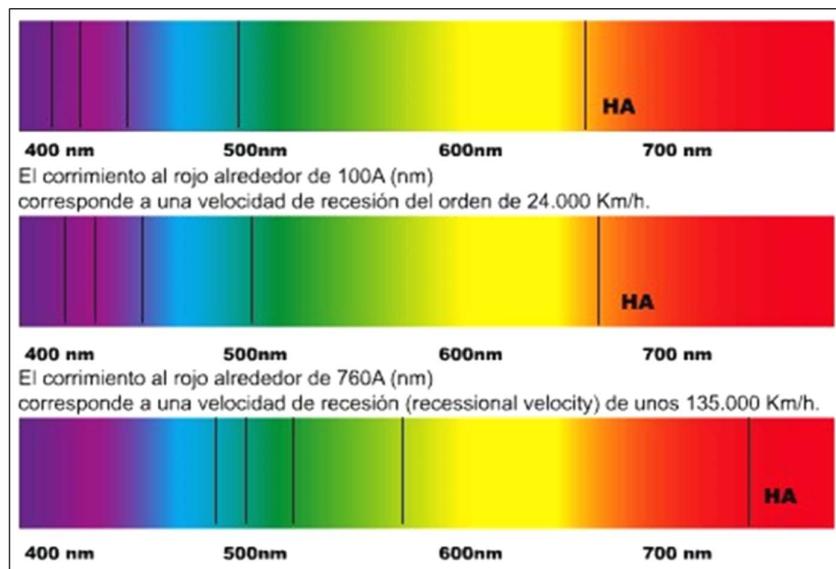
En el caso del espectro visible de la radiación electromagnética, si el objeto se aleja, su luz se desplaza a longitudes de onda más largas, desplazándose hacia el rojo. Si el objeto se acerca, su luz presenta una longitud de onda más corta, desplazándose hacia el azul.

Hemos visto que el espectro de luz visible por el ojo humano abarca una gama continua de colores desde el extremo rojo ( $\lambda$  mayor) hasta el azul-violeta ( $\lambda$  menor), según nos recuerda imagen situada debajo más a la izquierda.



Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto\\_Doppler\\_relativista](https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Doppler_relativista)

En consecuencia, si, por ejemplo, una fuente que se está moviendo hacia la derecha, emite luz de color verde (corresponde a una longitud de onda,  $\lambda$ , que se sitúa aproximadamente en centro del espectro visible), el color de la luz que se recibe a la izquierda de dicha fuente se desplaza, por efecto Doppler, hacia el rojo y el color de la luz que se recibe a la derecha de dicha fuente se desplaza hacia el azul (figura situada más a la derecha).



Fuente: <https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-la-luz/efecto-doppler/>

## Sistema Fotométrico de los cúmulos estelares

El estudio de las propiedades físicas de los cúmulos estelares se muestra importante en astronomía. Es así como la fotometría facilita el estudio y análisis eficiente de los cúmulos estelares.

En astronomía se señala que la estructura de una estrella se define tomando en consideración las propiedades que son medibles como la masa, la gravedad (g), la temperatura (Teff), luminosidad (L), y la composición química. La comprensión de los parámetros físicos individuales de las estrellas, contribuyen a comprender las propiedades del sistema que son más complejos de las estrellas.

Cuando se tienen cientos y miles de estrellas, se pueden reconocer los llamados cúmulos estelares. El estudio de estos últimos ha sido importante en la comprensión del proceso de evolución estelar y del universo, así como la estructura químico-física y la edad de la estrella. Se sabe que, en las galaxias existen gran número de aglomeraciones de estrellas, las cuales tienen clasificaciones especiales como binarias, tercetos, trapecios. Fue así como, Shapley (1914) propuso la teoría de pulsación tomando en consideración las estrellas marrones como variaciones propias de su brillo y no simplemente como variaciones propias (Mese, 2010).

De hecho, la distribución estelar de cúmulos normalmente presenta grandes variaciones, elemento que puede observarse en la distribución de las luminosidades, la metalicidad y la edad de estas. Los cúmulos globulares son los más compactos, luminosos y pobres en metales. Estos se encuentran en el halo de la galaxia: Los menos compactos y menos luminosos, pero ricos en metales se llaman cúmulos abiertos, estos se ubican en el disco de la galaxia (Mese, 2010).

## Clasificación Morfológica

Se han realizado un sinnúmero de sistemas de clasificación, para el estudio de los cúmulos. La mayoría de los sistemas siguen propiedades como: Contenido galáctico del cúmulo; dominio de las galaxias más brillantes; y apariencia morfológica del cumulo. Como ejemplo existe el sistema Bautz-Morgan (BM), quien los clasifica así: 1) El cumulo es dominado por una galaxia central; 2) Los miembros más brillantes son de apariencia intermedia entre galaxias cD y galaxias elípticas normales; 3) III. El cúmulo no contiene galaxias dominantes (Mese, 2010).

### Punto 1. Calibración astrométrica de las imágenes en todas las bandas, con figuras que muestren el catálogo superpuesto a cada imagen calibrada)

Para poder lograr este primer proceso fue necesario descargar de la base de datos NASA/IPAC Extragalactic DataBase (NED1 ) (<https://ned.ipac.caltech.edu/>), las imágenes que queremos utilizar en las distintas bandas no calibradas astro métricamente. Los archivos descargados (FITS) contienen los siguientes filtros:

FILTROS		ESPECTRO
1. U (3600 Å - 360 nm)		ultra violeta
2. B (4400 Å - 440 nm)		visible violeta
3. V (5500 Å - 550 nm)		visible verde
4. H $\alpha$ (6290 Å - 629 nm)		visible rojo
5. R (6400 Å - 640 nm)		visible rojo
6. i (7837 Å - 783.7 nm)		infrarojo cercano

Fuente: Elaboración propia

Images for object NGC 2997 (NG 2997)

POSS-II F (North), AAO-SES/SERC-ER (South), Red image  
View in IRSA Finderchart  
Image Credit: Caltech or AAO/ROE

Display **100** rows per page

Showing 1 to 29 of 29 entries

Search across columns

First Previous Next Last

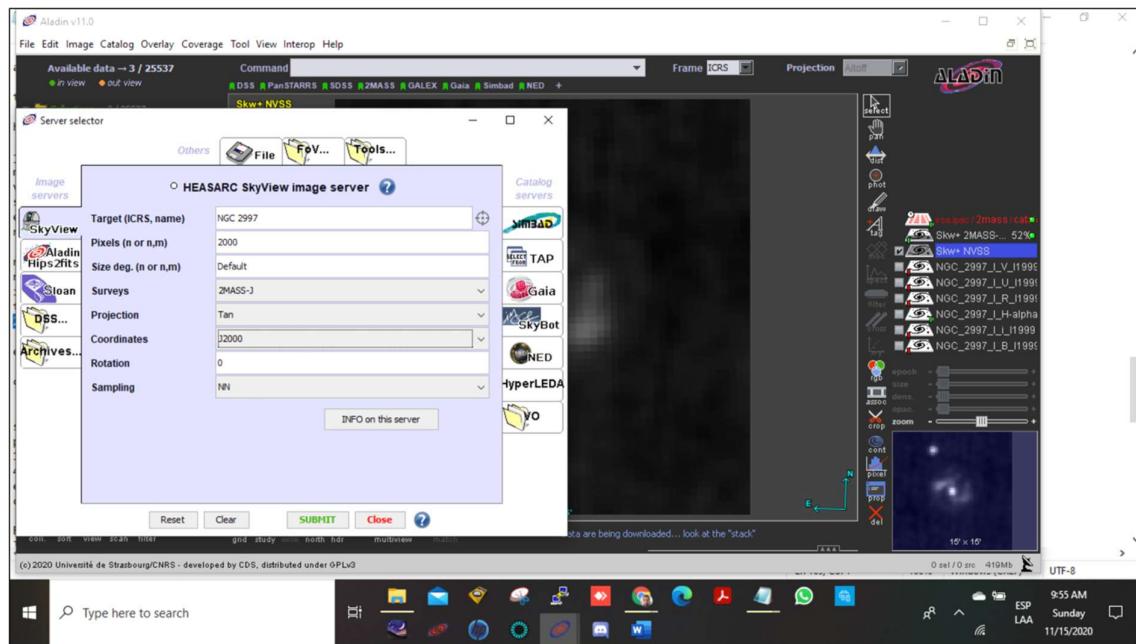
Preview	File Size KB	Information	Lambda m	Clambda	Spectral Region	Band	FOV 1 arcmin	FOV 2 arcmin	Res. arcsec	Telescope
	8330	FITS	5.500e-7	5500A	Optical	V	1.370e+1	1.370e+1	1.500e+0	Danish
	8330	FITS	3.600e-7	3600A	Optical	U	1.370e+1	1.370e+1	1.500e+0	Danish
	8330	FITS	6.400e-7	6400A	Optical	R	1.370e+1	1.370e+1	1.500e+0	Danish

Fuente: <https://ned.ipac.caltech.edu/>

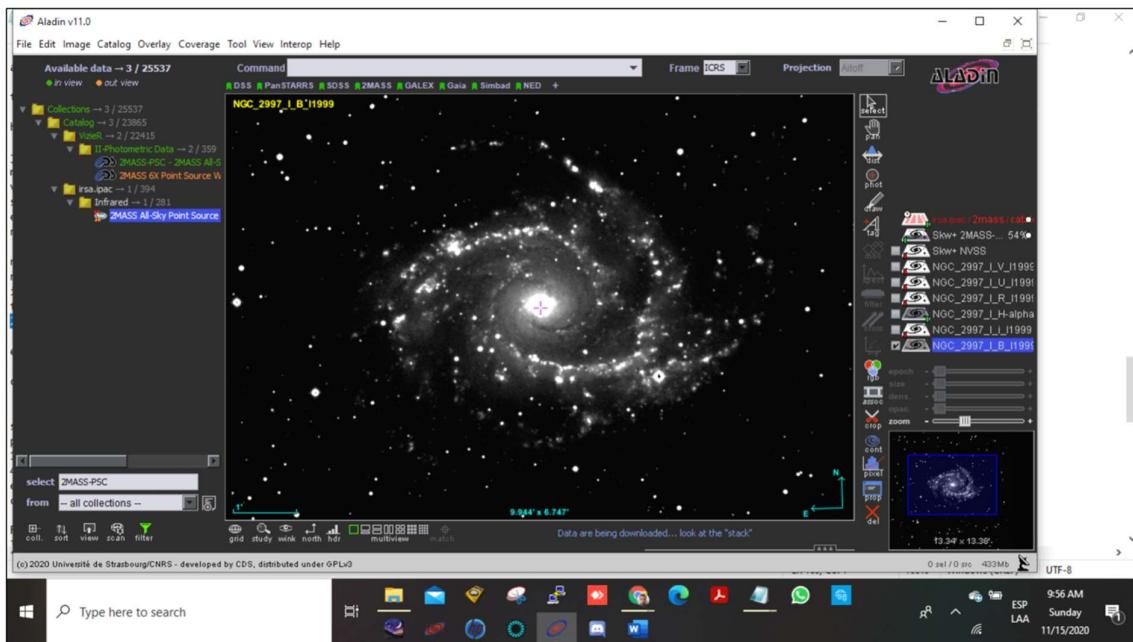
Nota: NED es la base de datos más grande del mundo para objetos extra galácticos.

Siguiente a la descarga, se prosiguió a la carga de determinados archivos en el software de visualización llamado ALADIN Sky Atlas, estos archivos necesitan ser transformados de coordenadas de imagen (**x,y**) en coordenadas celestes, como por ejemplo, ascensión recta y declinación. Se dice que una imagen está calibrada astro métricamente cuando las coordenadas de la imagen son coordenadas celestes. Si la imagen está calibrada, podremos saber además a qué coordenada celeste (**ra; dec**) corresponde cada pixel de la imagen. Si tenemos imágenes obtenidas en diferentes momentos con distintos instrumentos por diversos investigadores en filtros distintos pero todas ellas están calibradas astro métricamente, entonces podremos fácilmente compararlas entre sí.

Para continuar con el proceso de calibración es necesario cargar una imagen del campo obtenida por 2 Micron All Sky Survey (2MASS<sub>2</sub>), que es una exploración de todo el cielo en el **infrarrojo próximo J (1.25 nm), H (1.65 nm), y K (2.17 nm)**. Comprobamos en el visor que esta imagen tiene calibración astrométrica ya que al recorrerla con el cursor se muestran las coordenadas de cada posición. La imagen en el filtro J es diferente a la de los filtros en el visible pero no tanto como para que no reconozcamos que es la misma galaxia. Además se aprecian estrellas de campo fácilmente reconocibles en todos los filtro.



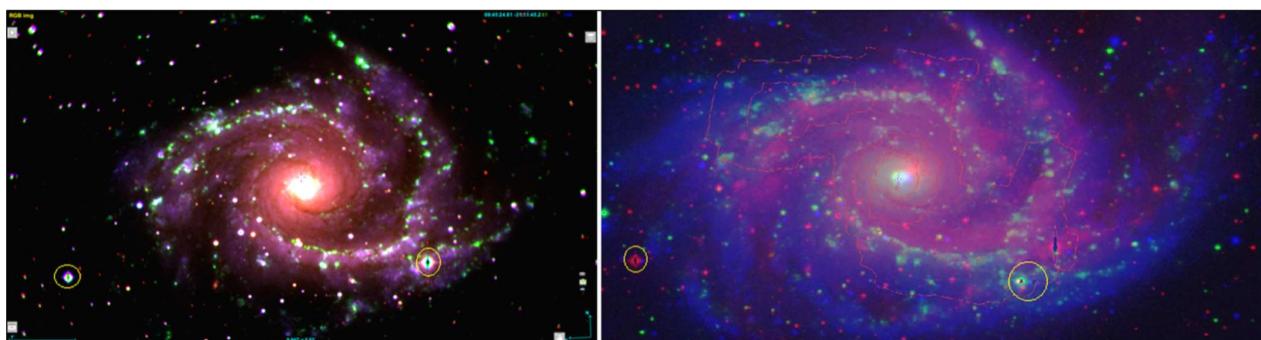
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

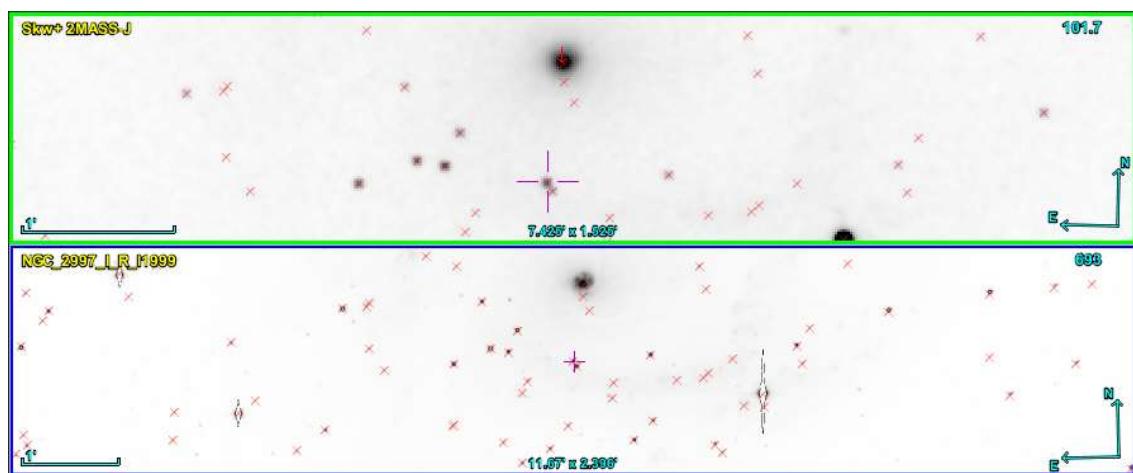
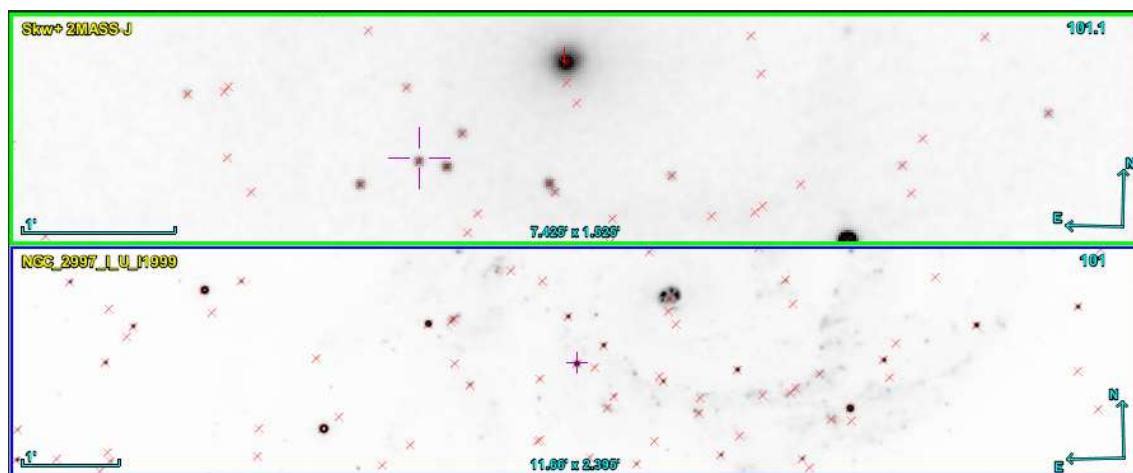
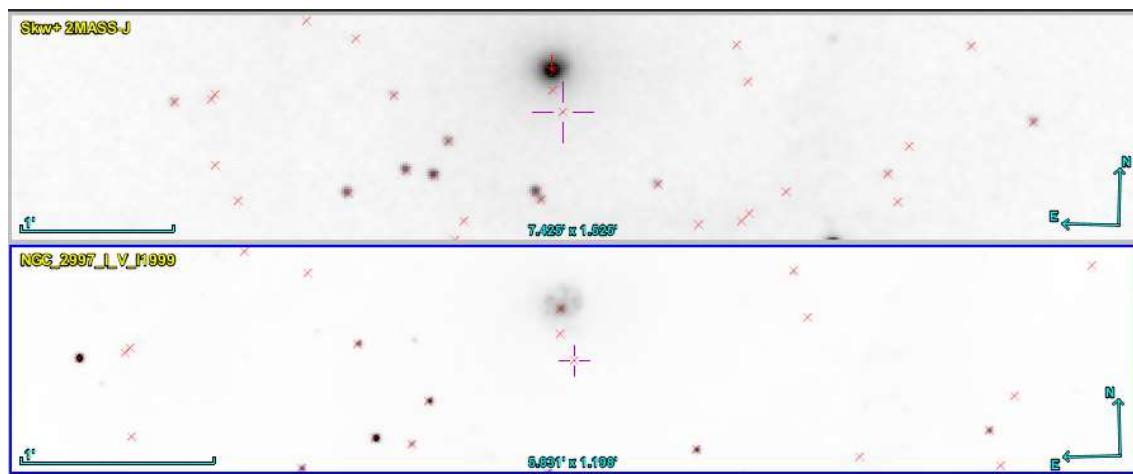
Además es necesario cargar un catálogo de estrellas que sirve para superponer dicha información o posicionamiento estelar sobre la imagen recién calibrada. Para el presente documento se utilizó el catálogo 2MASS-PSC (catálogo del cartografiado 2MASS para objetos puntiformes), según como lo muestra la figura anterior.

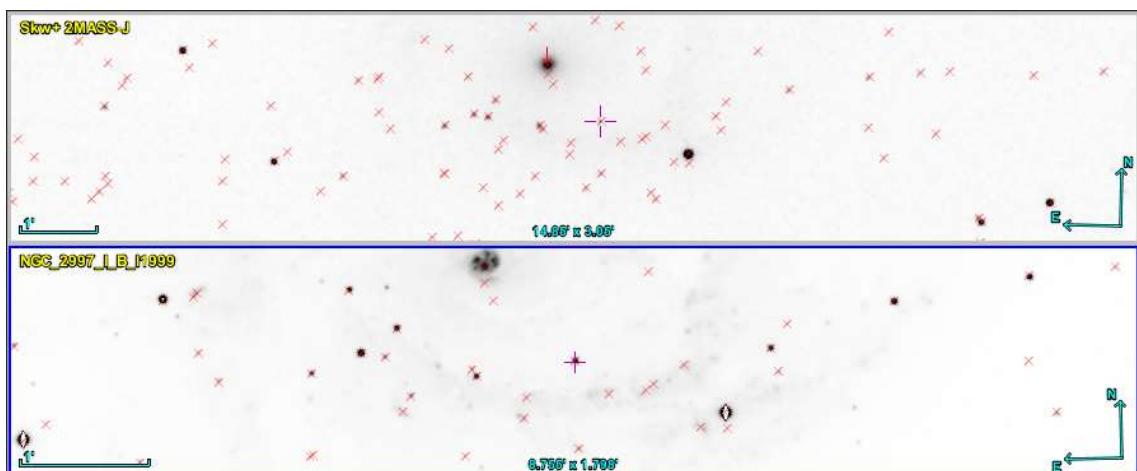
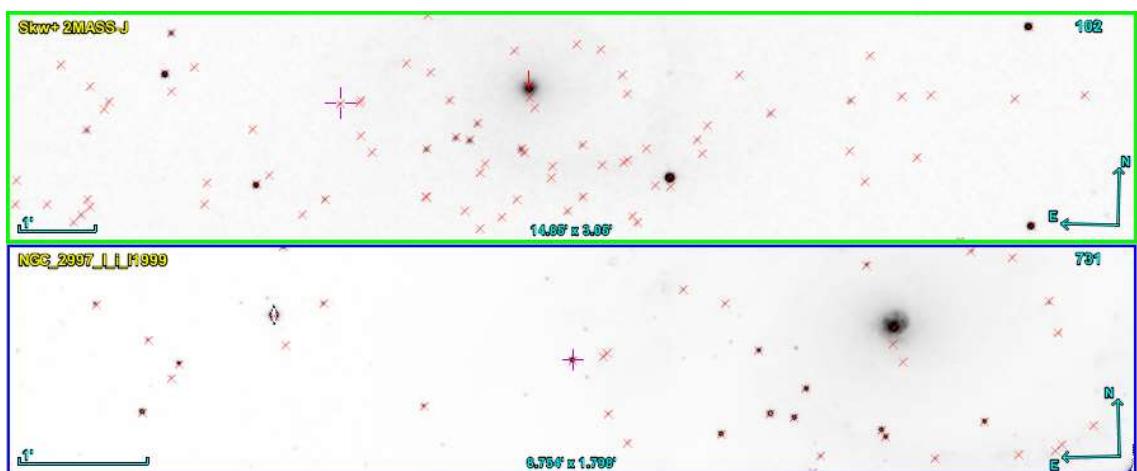
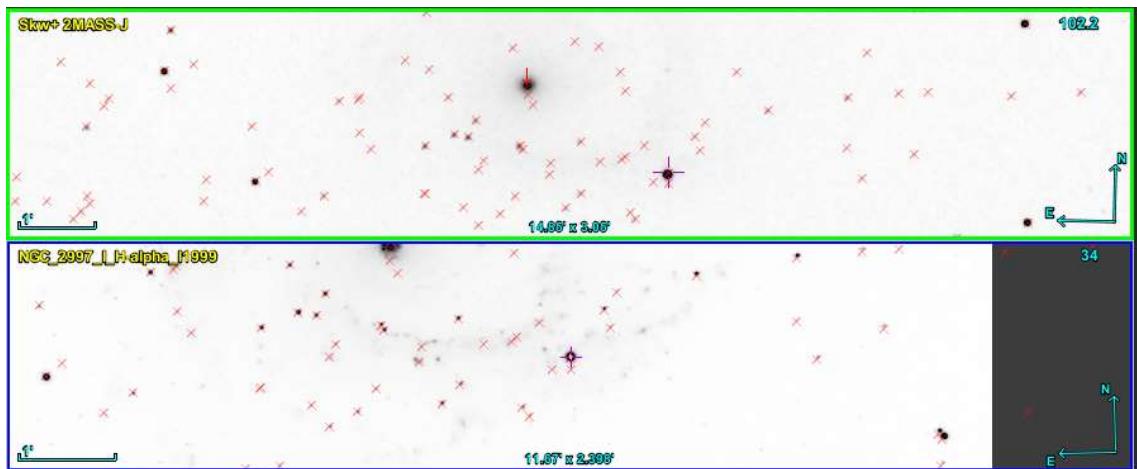
Siguiente se modificó la escala de grises y los cortes correspondientes, utilizando la herramienta pixel. Luego se usó la herramienta de propiedades (prop) para crear una nueva calibración astrométrica. El método usado para dicha calibración para los diferentes filtros de imagen fue la de emparejamiento de estrellas (by matching stars) ( $x; y$ ) ( $ra; dec$ ). Dicho proceso es algo casi milimétrico con respecto a la posición del click sobre la imagen a calibrar y su par ya calibrada (2MASS.J). Este procedimiento se logró después de ejecutarlo al menos unas tres (3) veces para así lograr una ubicación ( $ra; dec$ ) estelar aceptable sobre los diferentes filtros (NGC\_2997: U,B, V, R, I y H $\alpha$ ). Una consecuencia directa de no tener correctamente calibradas las diferentes imágenes es totalmente notable en la superposición de filtros RGB, como lo muestra la siguiente imagen:



Fuente: Elaboración propia

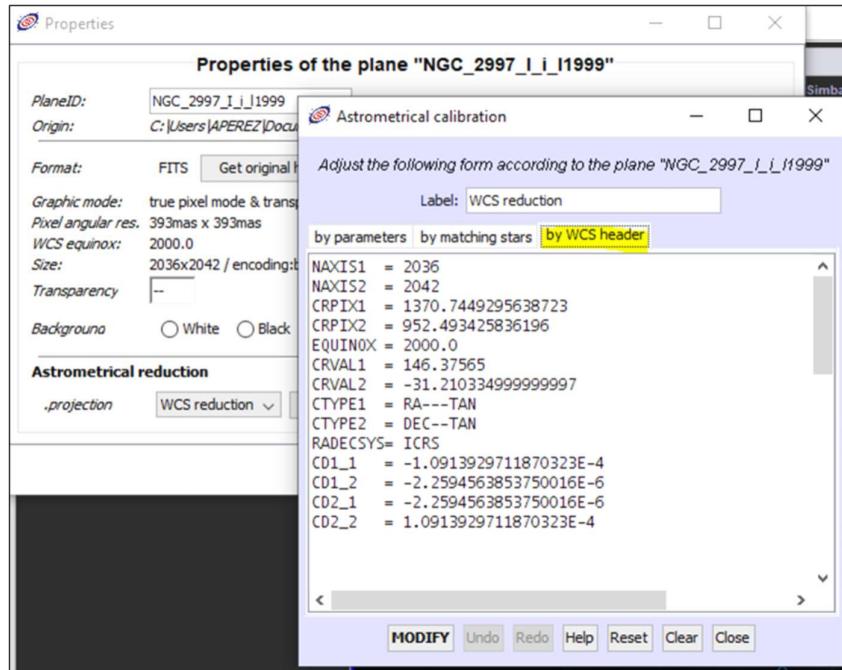
Siguiente se muestra los diferentes filtros calibrados versus la imagen 2MASS.J:





Fuente: Elaboración propia

La verificación consistió en tomar el puntero de ubicación en cada uno de los filtros calibrados y moverlos a diferentes puntos estelares, y así, su par en la imagen calibrada (2MASS.J), deberá mover su puntero estelar a la misma ubicación o estrella señalada en cada filtro. En el siguiente cuadro se presenta los valores generados por la calibración de cada filtro NGC\_2997: U,B, V, R, I y H $\alpha$  en las cabeceras WCS Headers. Estos valores quedan escritos en cada archivo FITS (FITS HEADERS).



Fuente: Elaboración propia

WORLD COORDINATE SYSTEM	
B FITS HEADERS	NAXIS1 = 2036 NAXIS2 = 2042 CRPIX1 = 1370.491953518373 CRPIX2 = 953.1411912736227 EQUINOX = 2000.0 CRVAL1 = 146.37565 CRVAL2 = -31.210334999999997 CTYPE1 = RA---TAN CTYPE2 = DEC--TAN RADECSYS= ICRS CD1_1 = -1.0914950185294273E-4 CD1_2 = -2.3995472491360727E-6 CD2_1 = -2.3995472491360727E-6 CD2_2 = 1.0914950185294273E-4
U FITS HEADERS	NAXIS1 = 2036 NAXIS2 = 2042 CRPIX1 = 1370.0455810521592 CRPIX2 = 952.1634091399228

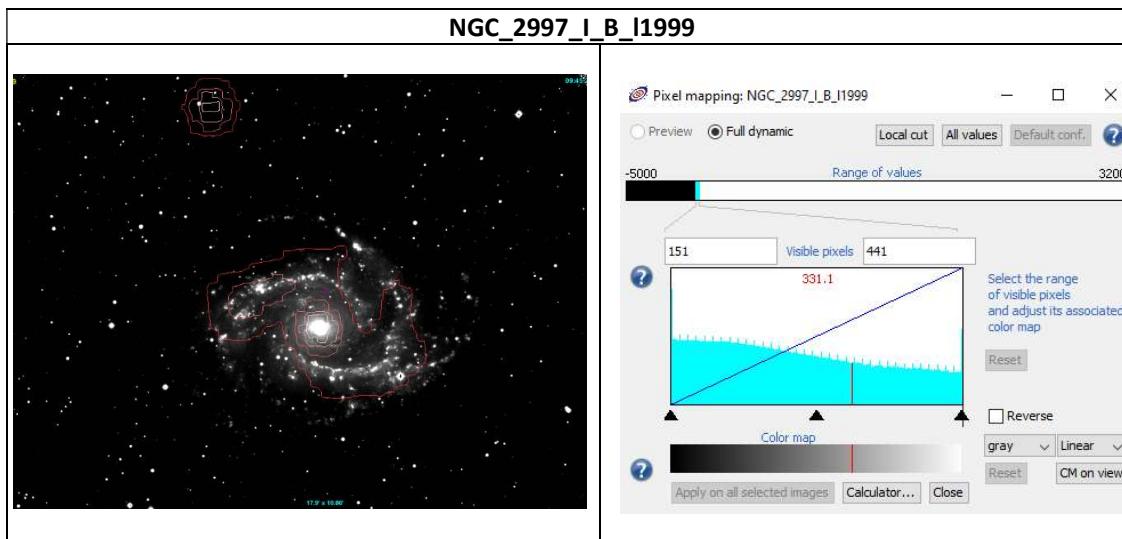
	EQUINOX = 2000.0 CRVAL1 = 146.37565 CRVAL2 = -31.210334999999997 CTYPE1 = RA---TAN CTYPE2 = DEC---TAN RADECSYS= ICRS CD1_1 = -1.0904429494116305E-4 CD1_2 = -2.1877631115800407E-6 CD2_1 = -2.1877631115800407E-6 CD2_2 = 1.0904429494116305E-4
H FITS HEADERS	NAXIS1 = 2036 NAXIS2 = 2042 CRPIX1 = 1369.7971416188059 CRPIX2 = 950.2889464030376 EQUINOX = 2000.0 CRVAL1 = 146.37565 CRVAL2 = -31.210334999999997 CTYPE1 = RA---TAN CTYPE2 = DEC---TAN RADECSYS= ICRS CD1_1 = -1.0917779695676352E-4 CD1_2 = -1.5788326806397184E-6 CD2_1 = -1.5788326806397184E-6 CD2_2 = 1.0917779695676352E-4
V FITS HEADERS	NAXIS1 = 2036 NAXIS2 = 2042 CRPIX1 = 1369.7971416188059 CRPIX2 = 950.2889464030376 EQUINOX = 2000.0 CRVAL1 = 146.37565 CRVAL2 = -31.210334999999997 CTYPE1 = RA---TAN CTYPE2 = DEC---TAN RADECSYS= ICRS CD1_1 = -1.0917779695676352E-4 CD1_2 = -1.5788326806397184E-6 CD2_1 = -1.5788326806397184E-6 CD2_2 = 1.0917779695676352E-4
R FITS HEADERS	NAXIS1 = 2036 NAXIS2 = 2042 CRPIX1 = 1370.7937050820046 CRPIX2 = 950.5515903044476 EQUINOX = 2000.0 CRVAL1 = 146.37565 CRVAL2 = -31.210334999999997 CTYPE1 = RA---TAN CTYPE2 = DEC---TAN RADECSYS= ICRS CD1_1 = -1.0911289116555709E-4 CD1_2 = -1.826287533530133E-6 CD2_1 = -1.826287533530133E-6

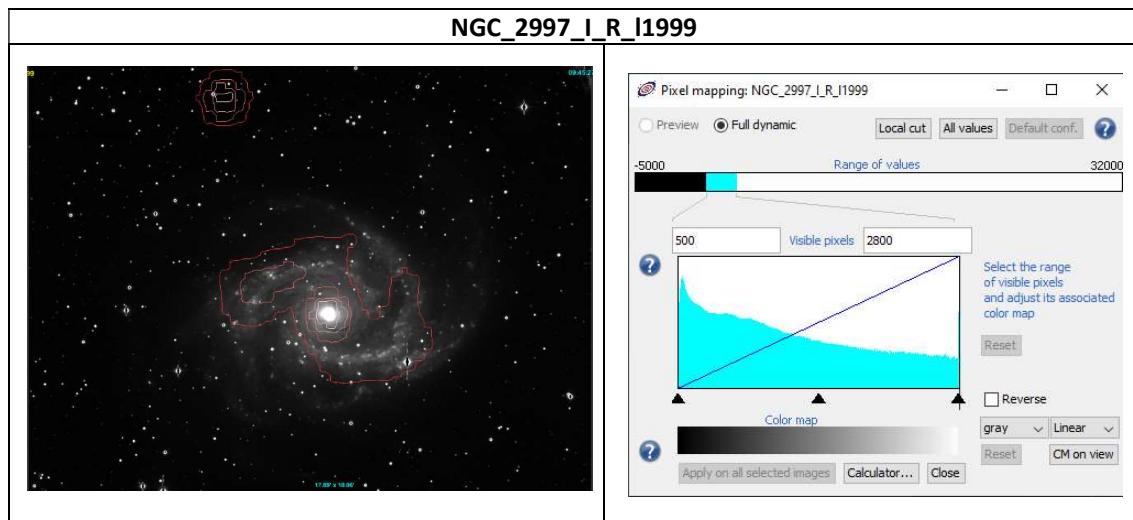
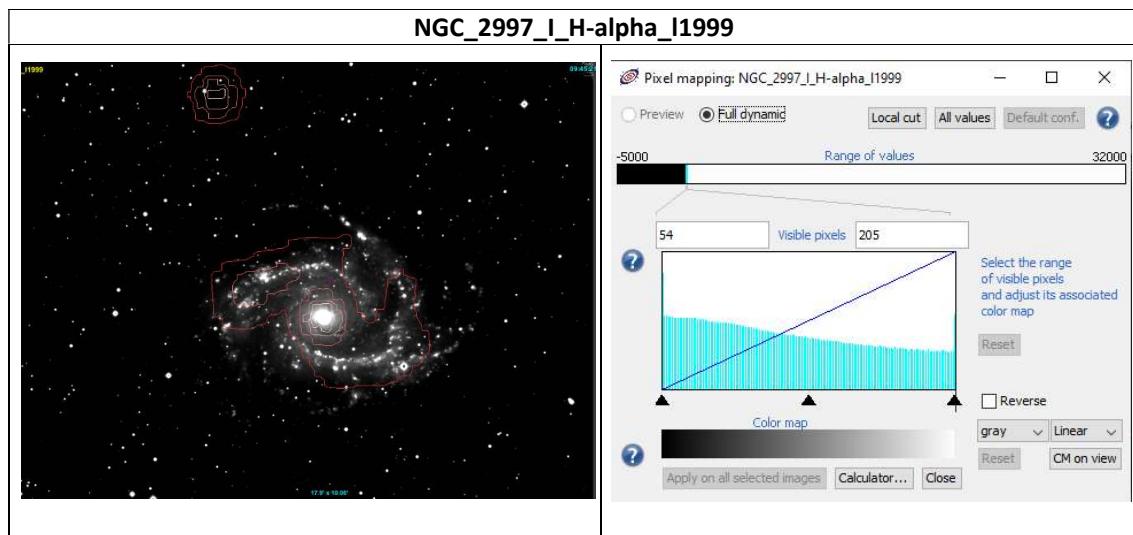
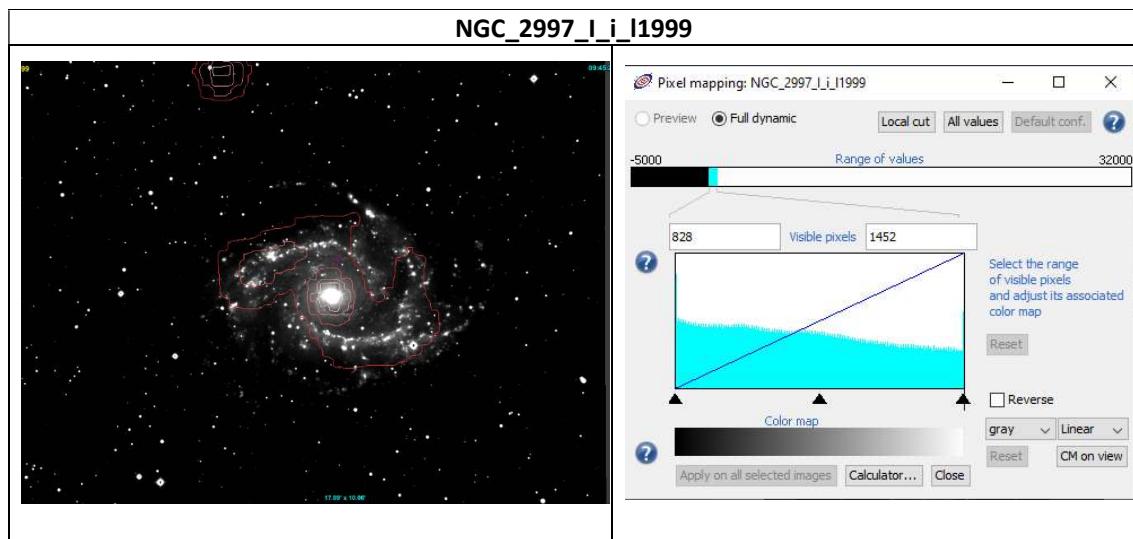
	CD2_2 = 1.0911289116555709E-4
I FITS HEADERS	NAXIS1 = 2036 NAXIS2 = 2042 CRPIX1 = 1370.7449295638723 CRPIX2 = 952.493425836196 EQUINOX = 2000.0 CRVAL1 = 146.37565 CRVAL2 = -31.210334999999997 CTYPE1 = RA---TAN CTYPE2 = DEC---TAN RADECSYS= ICRS CD1_1 = -1.0913929711870323E-4 CD1_2 = -2.2594563853750016E-6 CD2_1 = -2.2594563853750016E-6 CD2_2 = 1.0913929711870323E-4

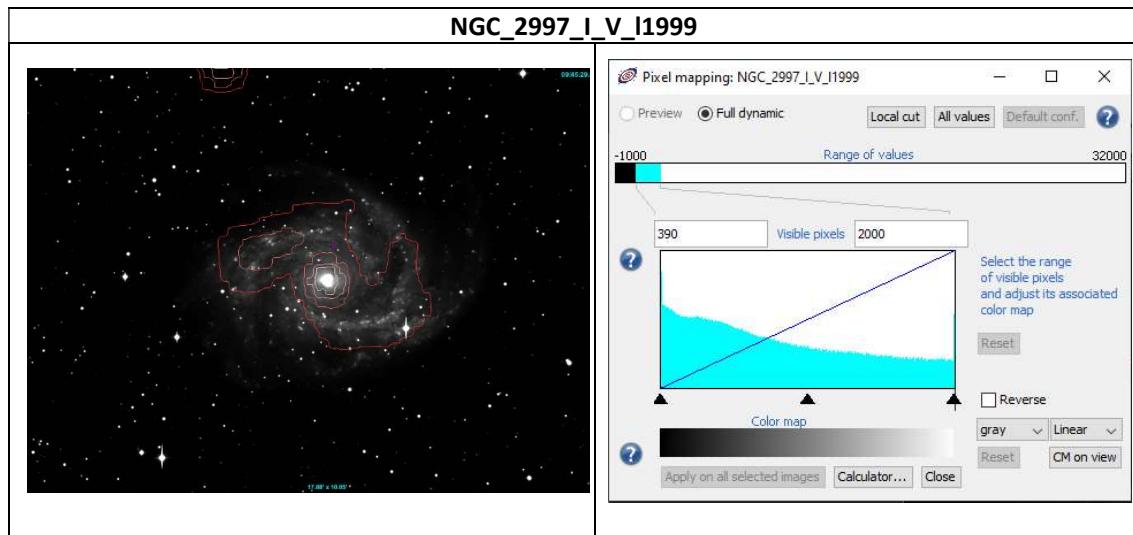
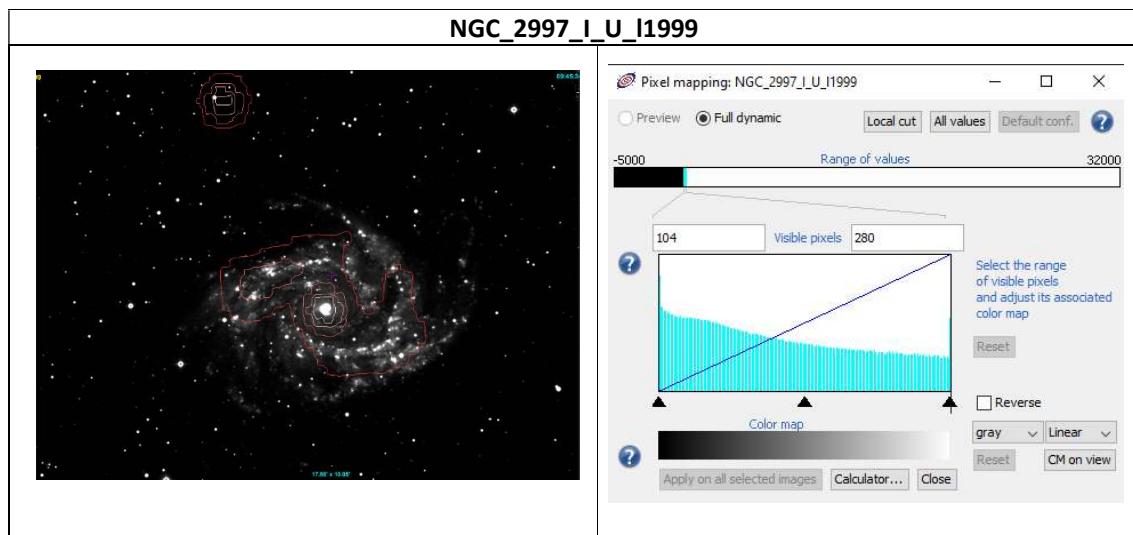
Fuente: Elaboración propia

## Punto 2. Combinación RGB con los filtros dados en la tabla 1)

Terminada la calibración se procede a ajustar los valores de los cortes de escala por cada filtro procesado y así poder obtener imágenes mas intensas. La super posición de imágenes en los colores Rojo (Red), Verde (Green) y Azul (Blue) son de gran utilidad para poder lograr la construcción de imágenes RGB con calidad aceptable que permiten **realizar los diferentes aspectos físico-químicos del objeto observado.** RGB es aplicable para crear imágenes compuestas en longitudes de onda dentro del espectro visible como infrarrojo, ultravioleta y rayos X. En las siguientes imágenes se presenta los cortes de escala por cada filtro procesado:



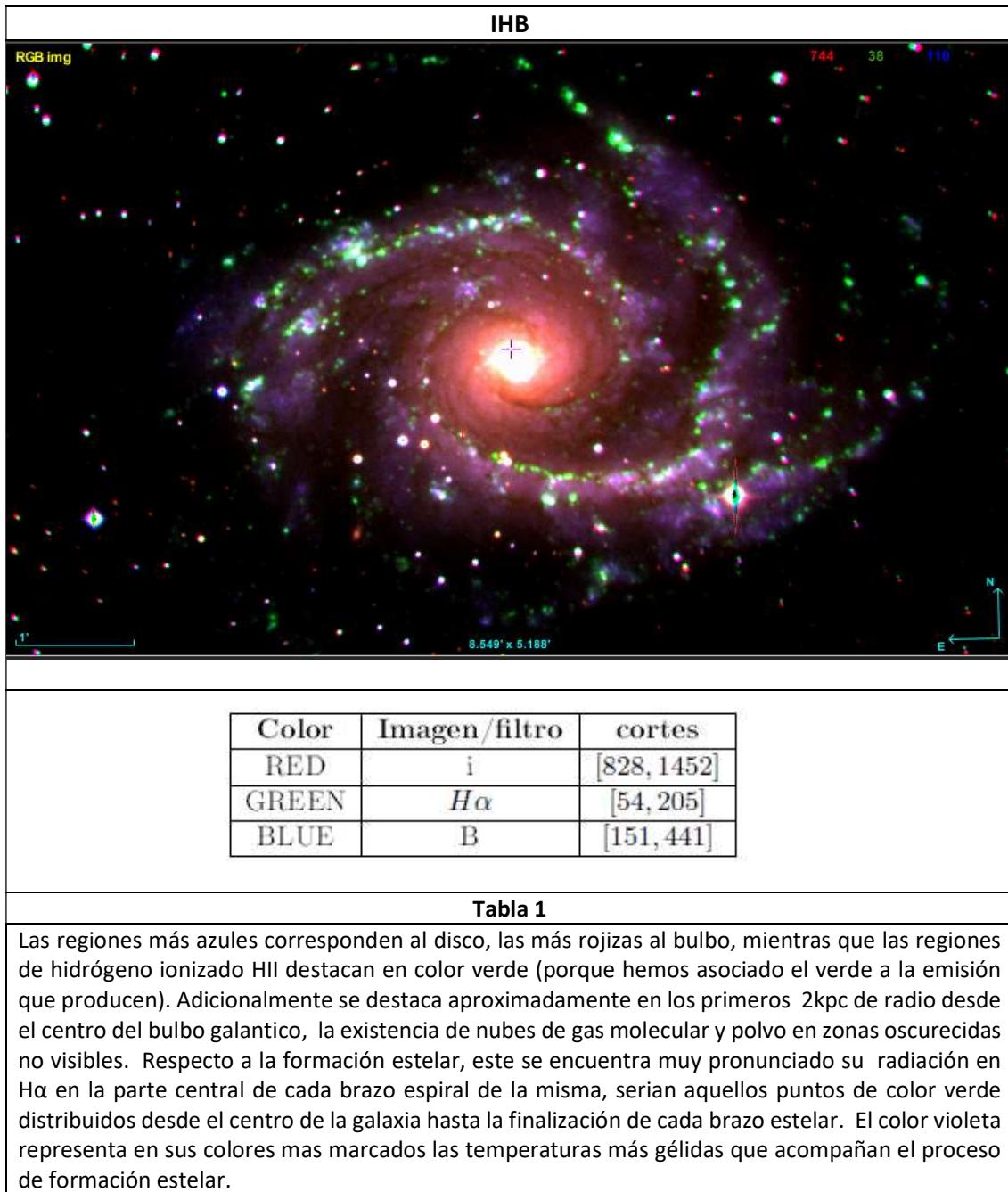




Fuente: Elaboración propia

Siguiente se presenta la primera composición RGB con las siguientes características:

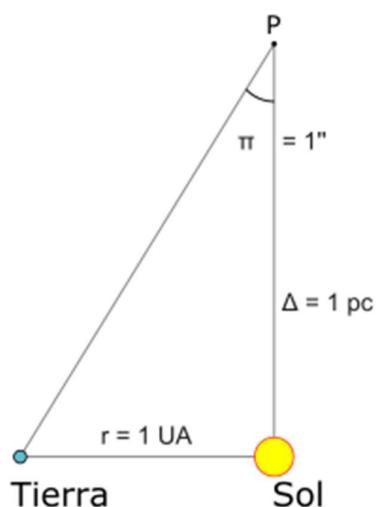
### Punto 3. Descripción de la galaxia a partir de esa imagen RGB



Fuente: Elaboración propia

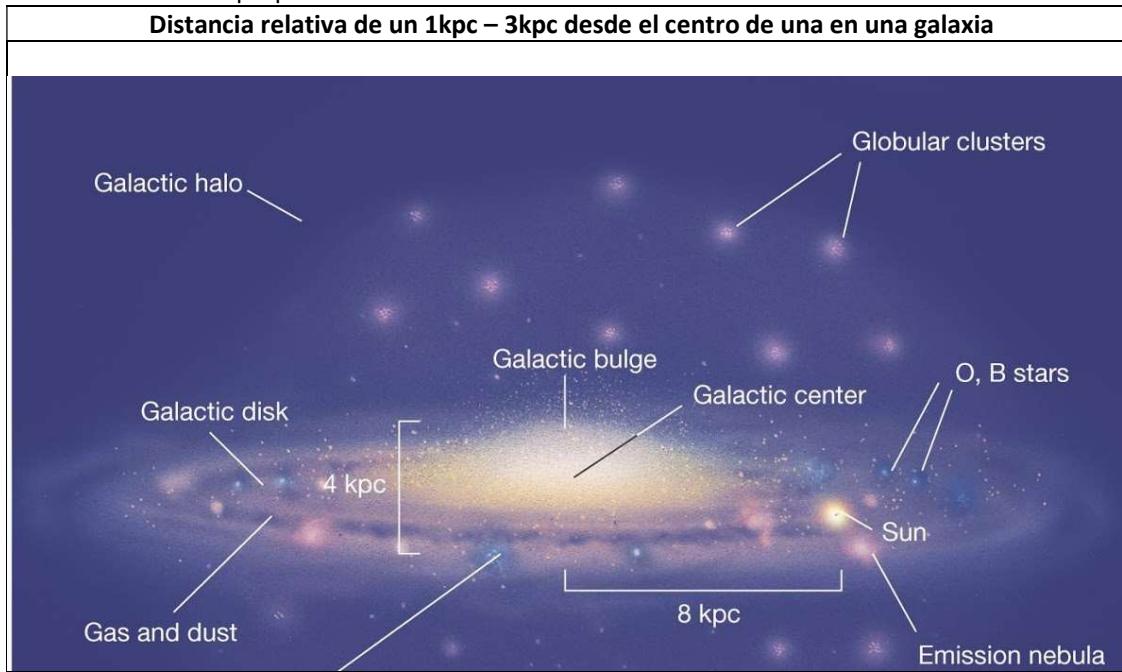
## Punto 4 y 5. Realización de otras combinaciones RGB con el resto de imágenes y descripción de la galaxia a partir de las imágenes RGB

La teoría actual sobre la formación estelar, sostiene que la formación estelar se da en las nubes moleculares gigantes. Estas nubes contienen, básicamente, hidrógeno molecular H<sub>2</sub> (90%) y helio (9%). Son regiones frías **entre 10-30 K (-263 C) y densas (103-104 partículas/cm<sup>3</sup>)** con dimensiones que varían entre 10 y 100 parsecs (**su nombre se deriva del inglés parallax of one arc second. En sentido estricto, el pársec se define como la distancia a la que una unidad astronómica subtende un ángulo de un segundo de arco.**). Para poder obtener una visualización más clara en RGB para el **kpc central de la galaxia NGC 2997**, la cual posee un anillo de regiones en formación estelar de aproximadamente 4" de radio, es necesario estudiar y analizar el siguiente material académico para así, poder escoger los filtros correctos y poder obtener una observación mucho mas clara de estas formaciones de hidrógeno molecular H<sub>2</sub> que se encontrarían muy cercana al bulbo.

Como calcular un Parsec	
	$1^\circ = 60 \text{ min} = 60'(\text{minutos})$ $1^\circ = 3600 \text{ seg} = 3600''(\text{segundos})$ <b>1 año en tiempo = 31536000 (segundos)</b> <b>1 Unidad Astronómica = 149 597 870 (kilómetros)</b> $\pi = \frac{1 \text{ grado}}{3600 \text{ segundos}} = 0,000277 \text{ segundos de arco}$ $C (\text{vel de la luz}) = 300000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ $v = \frac{d}{t}$ $d = v \cdot t$ $1 \text{ año luz} = 300.000 \frac{\text{km}}{\text{s}} * 31536000 \text{ seg}$ $= 9,40 \times 10^{12} \text{ km}$ $= 63072 \text{ unidades astronómicas}$ $\sin \pi = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa } (d)}$ $\text{hipotenusa } (d) = \frac{\text{cateto opuesto}}{\sin \pi}$ $\text{hipotenusa } (d) = \frac{1 \text{ UA}}{\sin \pi}$ $\text{hipotenusa } (d) = \frac{1 \text{ UA}}{0,00000485}$

	<b>hipotenusa (<math>d</math>) = 206185 UA</b>
	<b>1 Parsec (pc) = <math>\frac{206.185 \text{ UA}}{63.072 \text{ UA}} = 3.26 \text{ años luz}</math></b>
	<b>kilopársec (kpc): mil pársecs, 3262 años luz</b>

Fuente: Elaboración propia



Fuente: <http://jcanive.blogspot.com/2011/12/la-metalicidad-de-una-estrella.html>

<b>Características de los tipos de radiación</b>			
Tipo de radiación	Rango de longitudes de onda	Temperatura del objeto emisor	Ejemplos de emisores característicos
Rayos gamma	< 0,1 Å	> 10 <sup>8</sup> K	Pocos. Sólo en reacciones nucleares se producen emisiones de rayos gamma.
Rayos X	0,1 – 200 Å	10 <sup>6</sup> – 10 <sup>8</sup> K	Gas en un cúmulo de galaxias; restos de supernovas; la corona solar.
Ultravioleta	200-4.000 Å	10 <sup>5</sup> – 10 <sup>6</sup> K	Restos de supernovas o estrellas calientes o muy activas.
Luz visible	4.000 – 7.000 Å	10 <sup>3</sup> – 10 <sup>5</sup> K	El exterior de las estrellas.
Infrarrojo	10 <sup>4</sup> – 10 <sup>7</sup> Å	10 – 10 <sup>3</sup> K	Nubes de gas molecular y polvo; planetas y satélites.
Radio	> 10 <sup>6</sup> Å	< 10 K	Nubes oscuras de gas molecular y polvo.

Fuente: Elaboración propia

Niveles y rangos (Tabla Ángel (2012))	Estrellas y Concepto	Utilidad y aplicación
Rango óptico	Estrellas y nebulosas	Azul = estrellas jóvenes; gas polvo y nebulosas; discos espirales, galaxias enanas Rojizos= estrellas viejas, no gas, no polvo; formas eclípticas
Rango ultravioleta (UV)	Las estrellas masivas	Estrellas calientes de 20M-50M K y masivas; poblaciones jóvenes de galaxias (accesible desde el espacio)
Rango infrarrojo cercano	Estrellas más viejas	Frecuencias entre 10.000-25.000A° (1 y 2.5 micras). Luz no absorbida por polvo, zonas oscurecidas; emisión de luz NIR
Rango infrarrojo medio y lejano	El polvo interestelar	Entre MIR:3-5 micras; FIR: 3-350 micras, densas de gas y polvo, opacas; infrarrojo cercano: estrellas frías y viejas; gigantes rojos y enanas marrones (3500-700K); IMF:20-140K (250-130 °C
Rango milimétrico	Las moléculas	Zonas frías, ricos en CO, H <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> o HCN, CO (molécula asimétrica) para trazar la componente molecular de las nebulosas y galaxias; temperaturas gélidas (10 K, o 263 °C bajo cero: el Co vibra con emisiones de 2.6mm
Rango centimétrico	Línea de 21centímetros del hidrógeno neutro	Uso de gas atómico en línea de 21 cm de hidrógeno neutro. Proporciona cantidad de gas disponible en galaxia para formar nuevas estrellas. Proporciona análisis detallado de dinámica de cada sistema.
Rango densimétrico	El continuo del radio, los campos magnéticos	La radiación emitida de ondas de radio en galaxias (continuo de radio) es radicación sincrotrón de electrones energéticos moviéndose en el sistema, acelerados y calentados por los campos magnéticos. Explosiones supernovas o núcleos activos de galaxias.
El rango rayos X	Gas muy caliente y fenómenos violentos	Estrellas de neutrones y agujeros negros, restos explosivos de supernovas. Familita analizar química de los elementos pesados. Las radiogalaxias emiten rayos X; lugares violentos del universo: vientos de estrellas masivas, estrellas de neutrones, acrecimiento de materiales de agujeros negros supermasivos; zonas de choque de galaxias en formación

Fuente: Elaboración propia

Filtro	Color	Característica
U (3600 Å – (360 nm)	ultra violeta	Proviene exclusivamente de estrellas jóvenes de alta masa y estrellas de la HB, estrellas super calientes 20M-50M K y masivas o muy activas (accesible desde el espacio).
B (4400 Å - 440 nm)	visible violeta	El índice B-V está relacionado con la temperatura superficial de las estrellas y el tipo espectral al que corresponde. <b>Las estrellas con mayor temperatura tendrán máximos de emisión más energéticos (más azules) y estrellas más frías tendrán su máximo en regiones menos energéticas (más rojas) del espectro o si es más frio es más fuerte el color.</b>
V (5500 Å - 550 nm)	visible verde	El índice B-V está relacionado con la temperatura superficial de las estrellas y el tipo espectral al que corresponde. <b>Las estrellas con mayor temperatura tendrán máximos de emisión más energéticos (más azules) y estrellas más frías tendrán su máximo en regiones menos energéticas (más rojas) del espectro o si es más frio es más fuerte el color.</b>
H $\alpha$ (6290 Å - 629 nm)	visible rojo	Estudio de nebulosas con formación estelar. Estudio de la tasa de formación estelar del Universo. Temperaturas oscilantes sobre los (-263 C).
R (6400 Å - 640 nm)	visible rojo	Estudio de las estrellas más brillantes R-i
i (7837 Å - 783.7 nm)	Infra rojo cercano	La componente más vieja de las galaxias
J (1.25 nm)		
H (1.65 nm)		
K (2.17 nm)		

Fuente: Elaboración propia

Banda	Longitud de onda	Característica
Luz visible	380 nm a 780 nm	El exterior de las estrellas
infrarrojo cercano	800 nm a 2500 nm	La componente más vieja de las galaxias
infrarrojo medio	2550 nm a 50000 nm	pólvora interestelar
infrarrojo lejano	50050 a 1000000 nm (1 mm)	pólvora interestelar - Las moléculas - regiones más densas. Región del espectro en la que se reemite la energía correspondiente a la radiación UV de las estrellas calientes absorbida por el polvo.

Fuente: Elaboración propia

Hidrogeno	Longitud de onda	Color	Característica
H alfa	656,3 nm	visible rojo	Estudio de nebulosas con formación estelar. Estudio de la tasa de formación estelar del Universo. Temperaturas oscilantes sobre los (-263 C)
H beta	486,1 nm	visible azul verde	Hidrógeno ionizado. El primero, "H-b" es demasiado específico y sólo nos servirá para un número muy limitado de astros, como la "Nebulosa de California" en Perseo, la "Nebulosa Cocoon" en el Cisne o la "Nebulosa de Cabeza de Caballo" en Orión.
H gama	434,1 nm	visible violeta	

Fuente: Elaboración propia

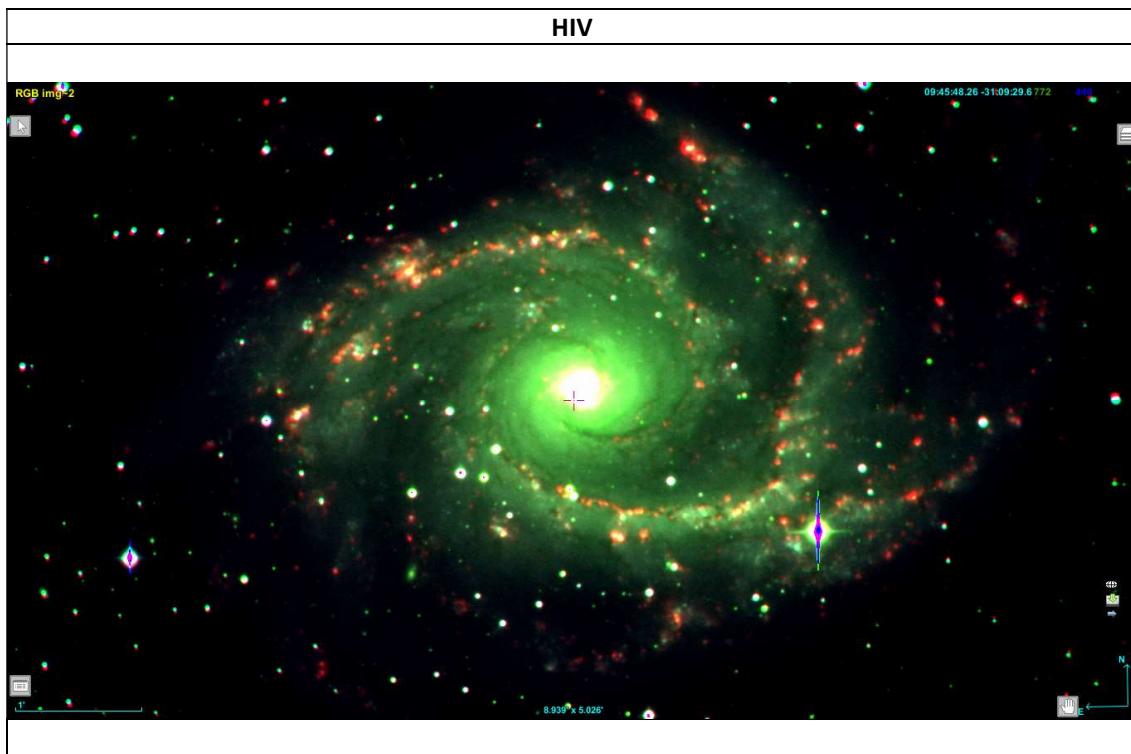
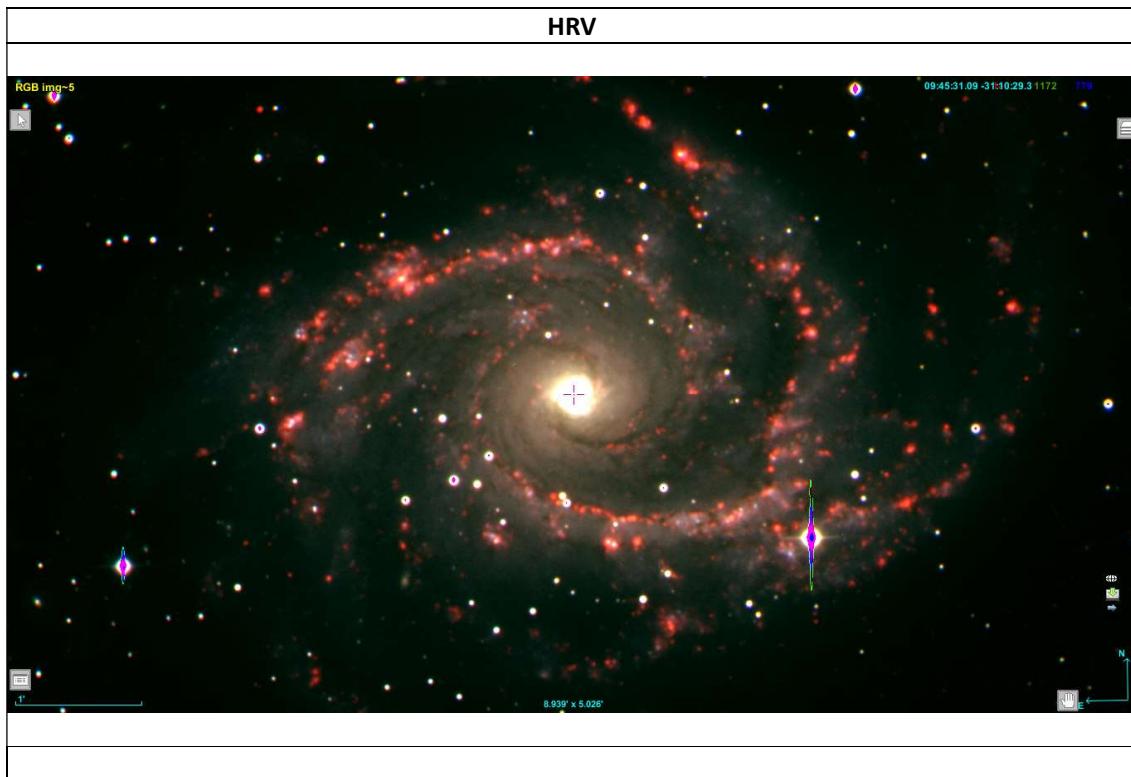
Nota: El H-alfa es la longitud de onda de emisión del hidrógeno doblemente ionizado. Es típico de las nebulosas de emisión donde la radiación de las estrellas ya formadas ioniza el gas H aún circundante y éste emite en esta longitud (656.3 nanómetros) al caer su electrón del nivel n3 a n2. Es de color muy rojo ya cercano al límite del espectro visible. De hecho el ojo es ya muy poco sensible a él.

Nota: El color representa los datos, la química del cual está hecho el objeto o una área en el espacio, ayudando a los científicos a ver como interactúan miles de gases de años luz de distancia, dándonos información crítica y como las estrellas y galaxias se formaron en el tiempo. Nos muestra lo invisible.

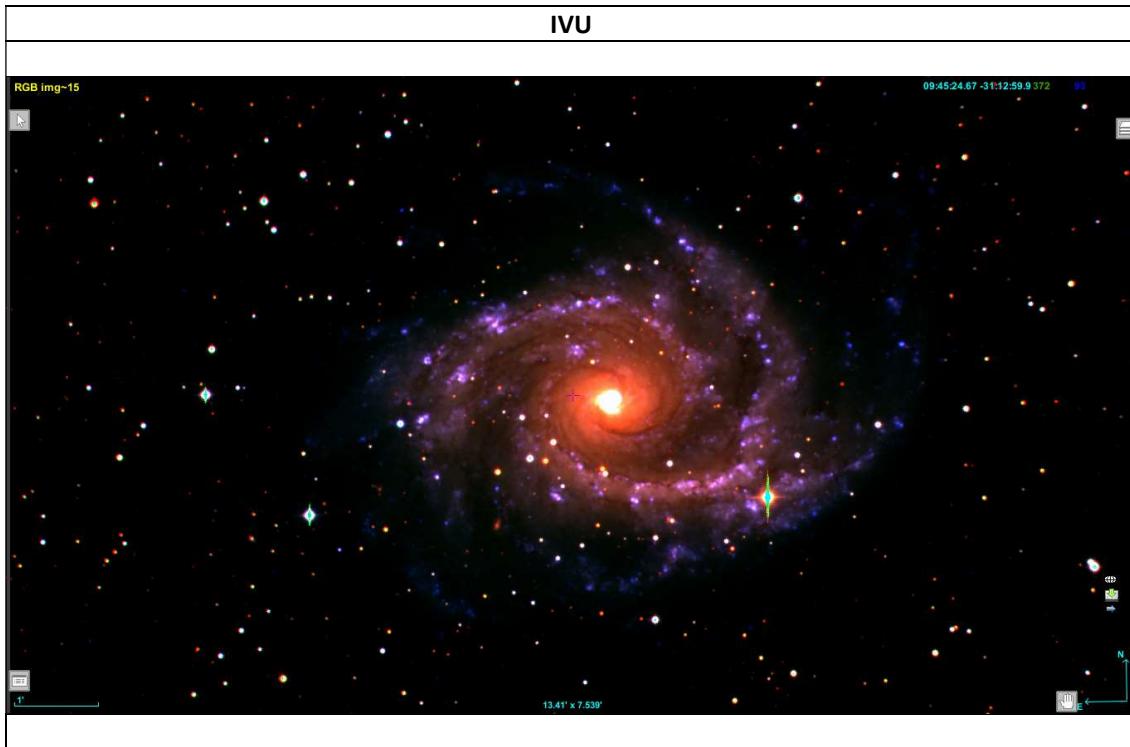
Nota: El color de las estrellas indica su edad. Además, el color de las estrellas nos da una idea de su edad. Así las estrellas más jóvenes tienen una tonalidad más azulada y las estrellas más viejas, más rojiza. Esto es debido a que cuanto más joven es una estrella, mayor energía genera y mayor temperatura alcanza

Nota: La componente más joven de las galaxias viene trazada por colores ultravioleta, mientras que la más vieja se observa en infrarrojo cercano. La pieza del polvo interestelar es dada por observaciones en infrarrojo medio y lejano. Las moléculas y las regiones más densas del medio interestelar son trazadas por observaciones en ondas milimétricas. Si queremos encontrar la pieza que corresponde al gas, y que en muchas galaxias es más importante que lo que vemos en estrellas, debemos usar observaciones en radio a 21 cm. Y si queremos completar el puzzle con las piezas que nos informan sobre las regiones más activas y violentas de las galaxias, debemos usar observaciones en radio continuo y en rayos X.

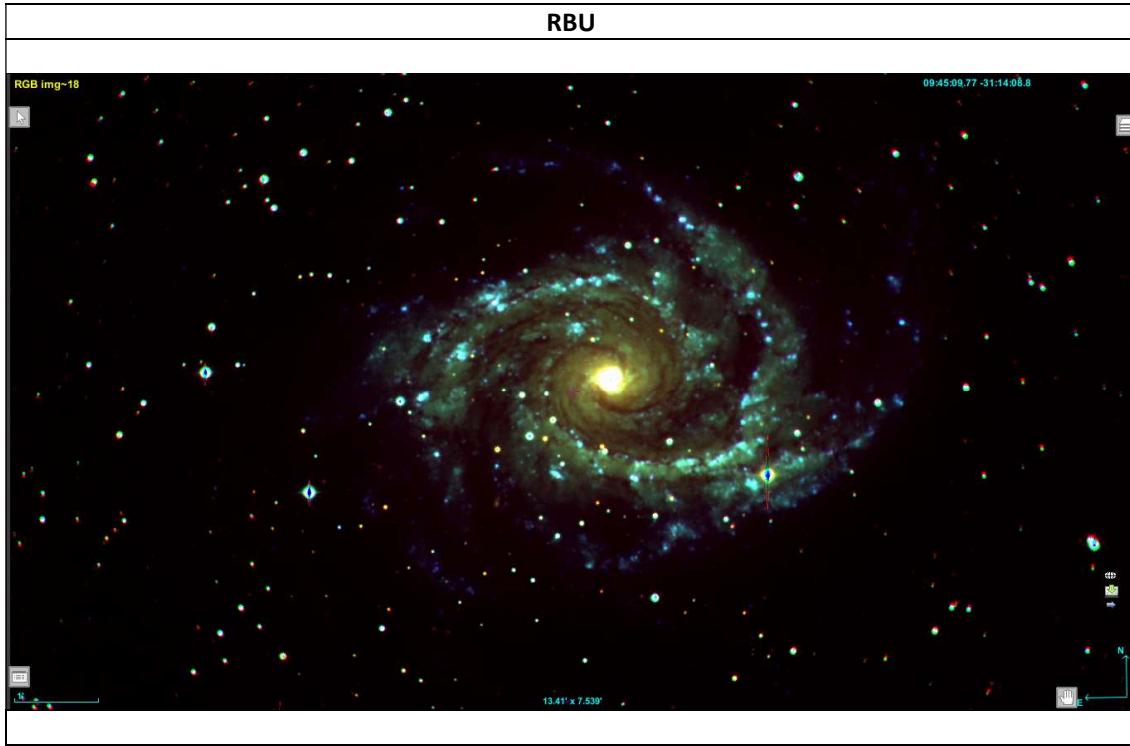
Las siguientes imágenes representan algunas combinaciones en RGB, que considero son de importancia para el análisis visual he inferir información relevante de ellas.



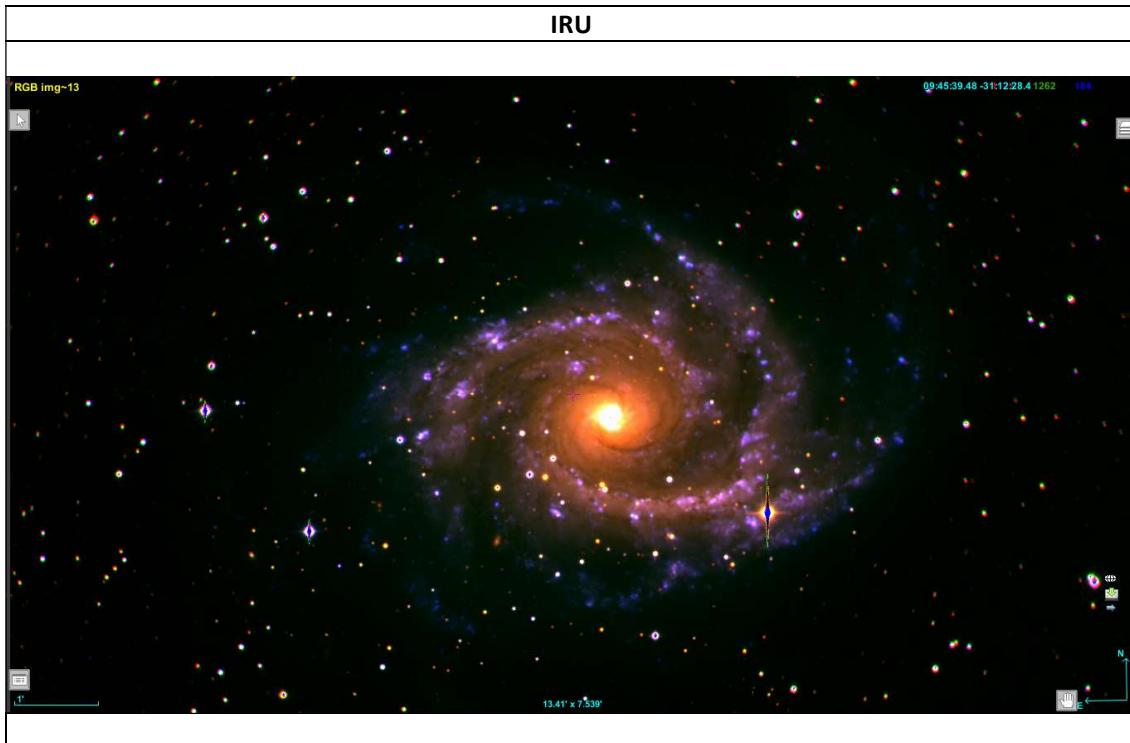
**IVU**



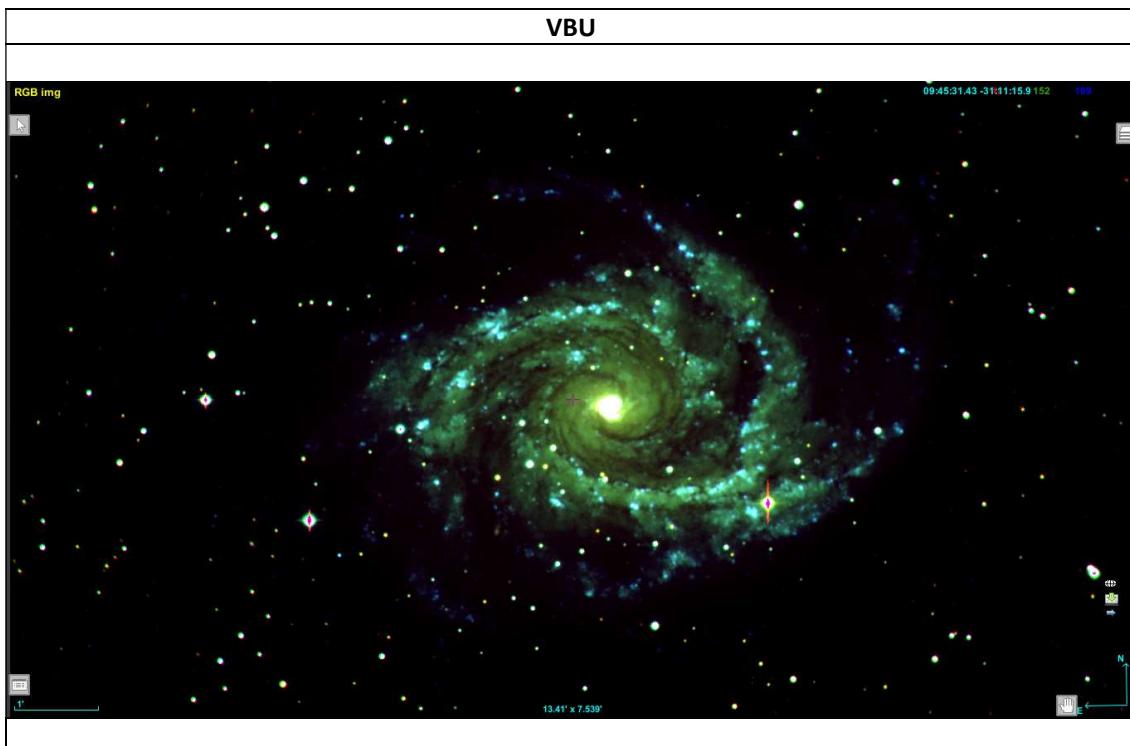
**RBU**



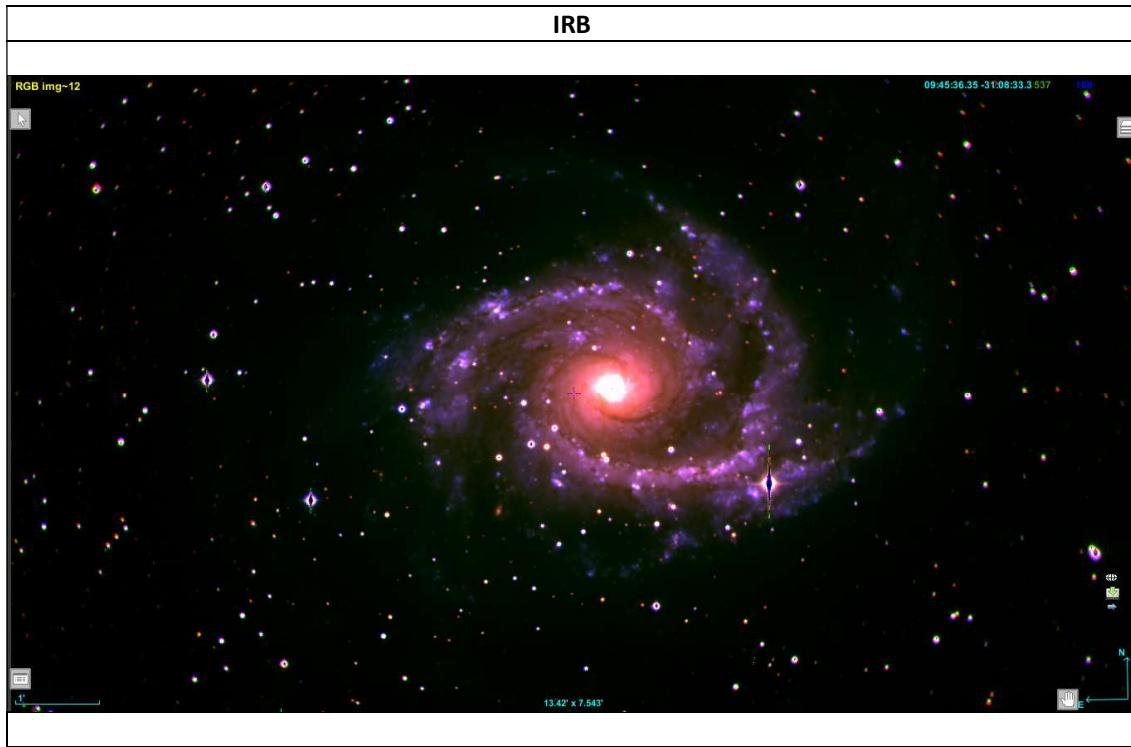
**IRU**



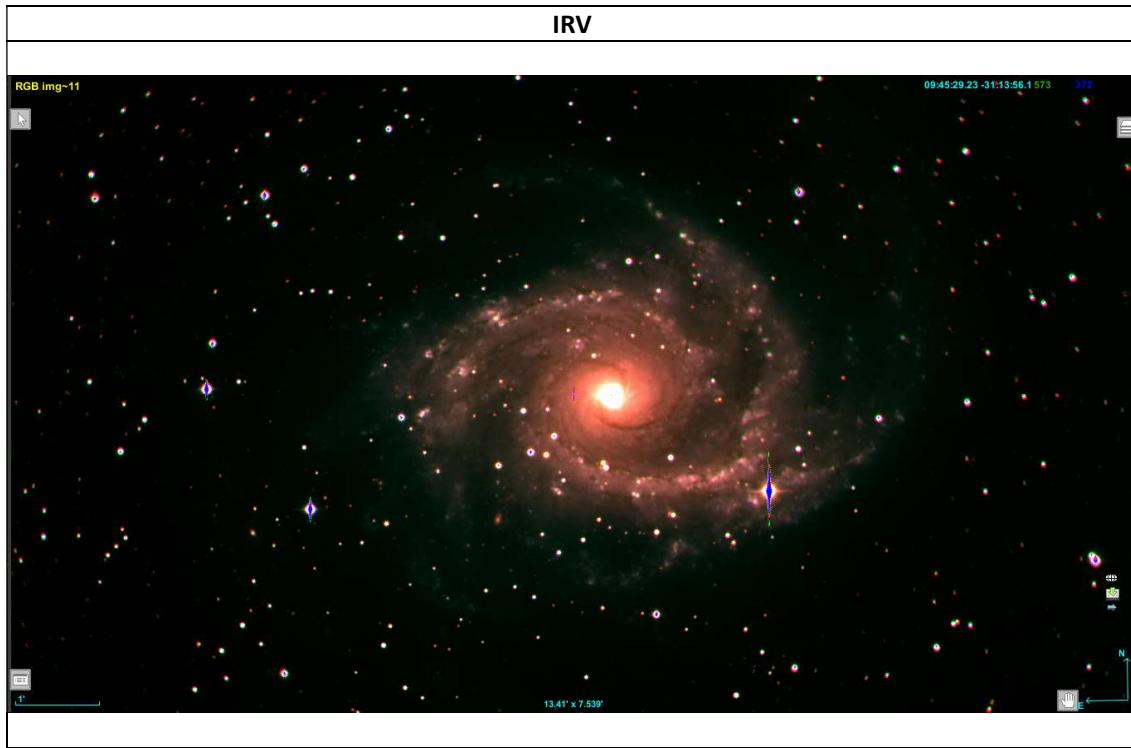
**VBU**



**IRB**



**IRV**



## Punto 6. Realización de una combinación RGB que permita observar el kpc central de esta galaxia

Con base al estudio y análisis descrito anteriormente se puede inferir las siguientes combinaciones que nos permite visualizar con más claridad en RGB el **kpc central de la galaxia NGC 2997**:



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



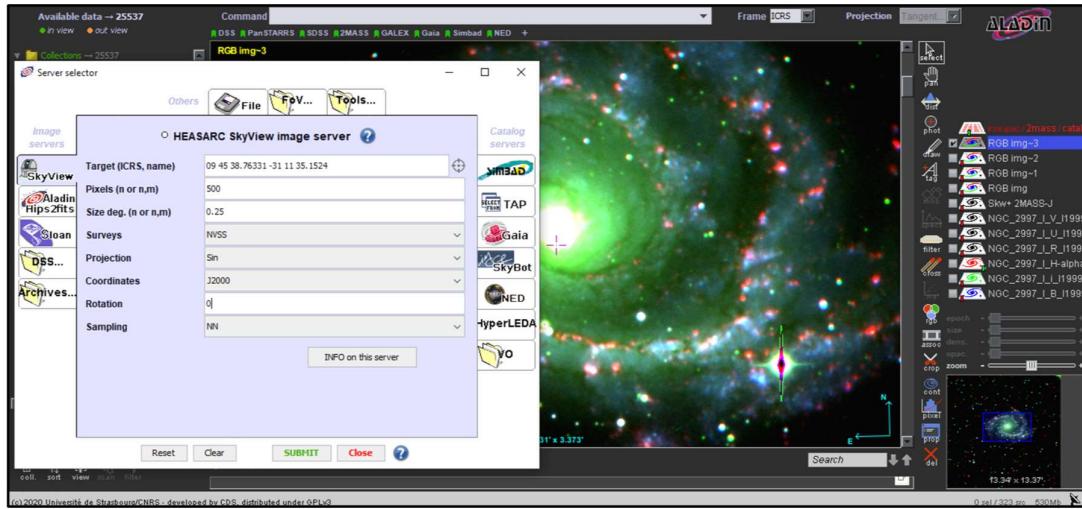
Fuente: Elaboración propia

#### Punto 7 y 8. Superposición de observaciones de radio a través de un mapa de contornos para la galaxia NGC 2997, en VLA como en RGB.

La siguiente tarea consiste en superponer a una de las composiciones RGB, la distribución de la emisión en continuo en radio a 1.4 GHz, a través de un mapa de contornos. Eso nos permitirá comparar la distribución espacial de la radiación en muy diferentes frecuencias como son el visible respecto a la banda radio.

La radiación en continuo es la que se emite con más o menos intensidad en todo el espectro electromagnético. La radiación en continuo en las longitudes de onda de radio puede ser radiación libre-libre (térmica) o la radiación sincrotrón. La radiación sincrotrón la producen electrones acelerados en presencia de campos magnéticos.

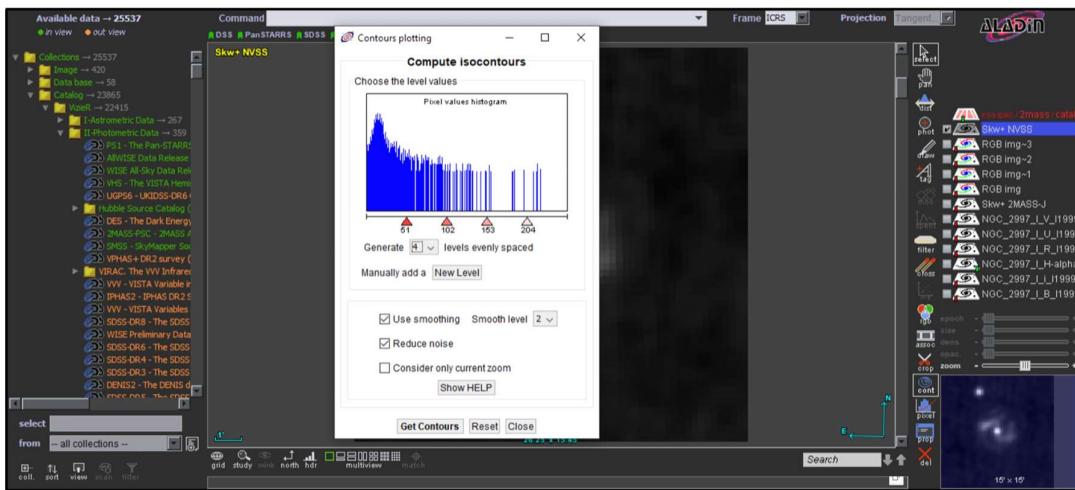
Se procede a cargar la imagen en radio del VLA obtenida por Condon et al. (1998). En el selector de servidores de Aladin, desde SkyView, elegimos en Surveys NVSS y se carga la imagen correspondiente (target NGC2997, pixels 500, Size deg. 0.25, Projection Sin), según como lo muestra el proceso en las siguientes imágenes:



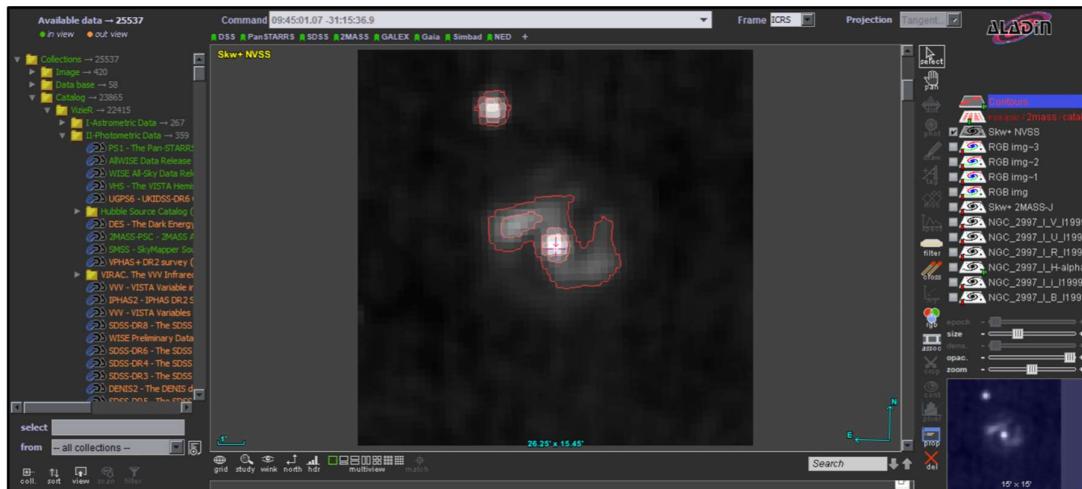
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

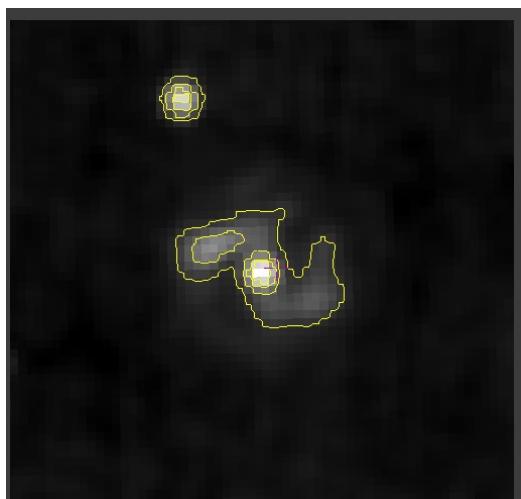


Fuente: Elaboración propia



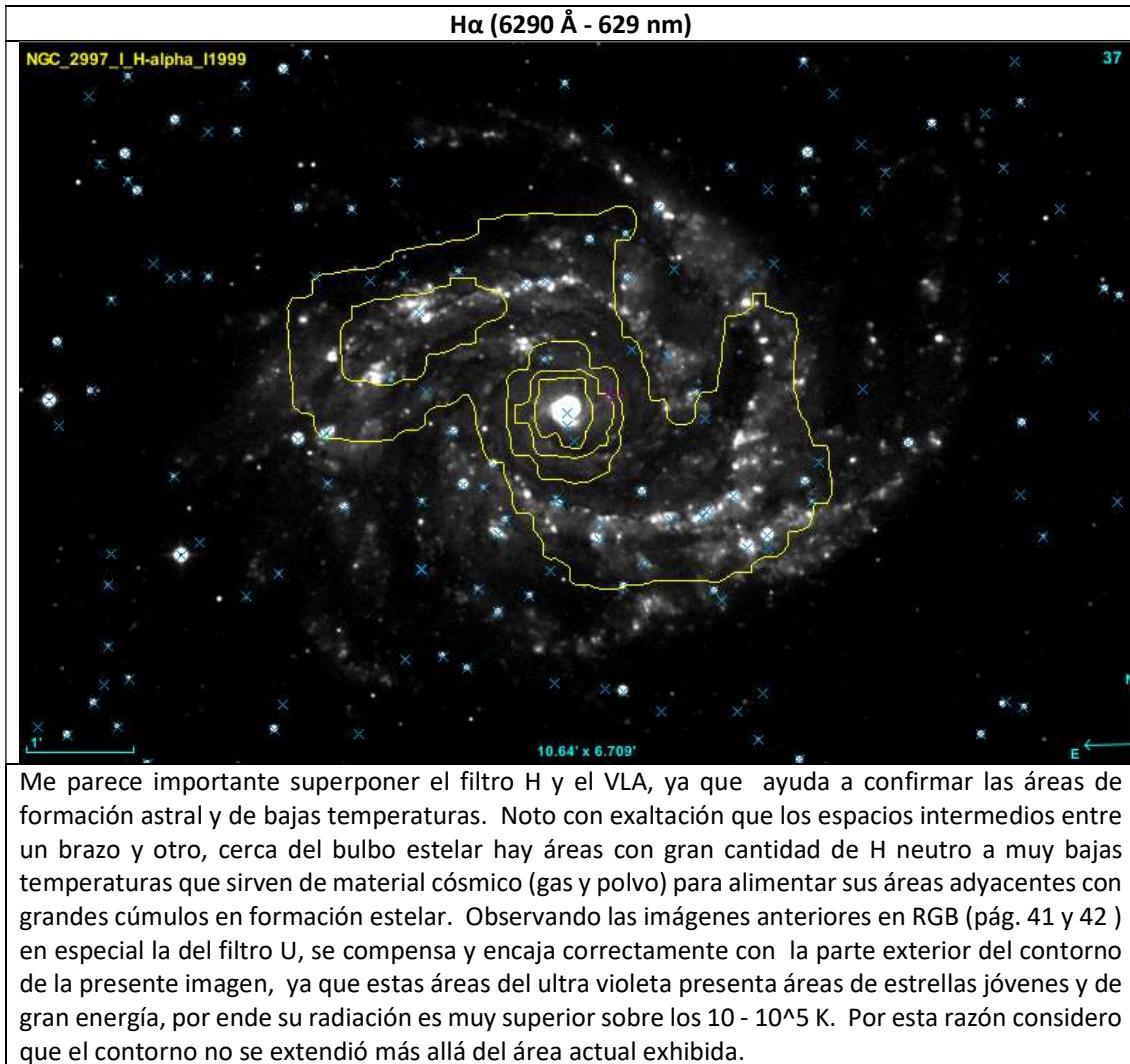
Fuente: Elaboración propia

Skw+ NVSS VLA



Para el caso del VLA, esta imagen representa el área de acumulación de **átomos neutros de hidrógeno** (esto es, átomos no ionizados), el nivel más bajo de energía viene dado por la situación en que los espines del electrón y del protón son antiparalelos, es decir, tienen sentidos opuestos. Si el átomo de hidrógeno neutro adquiere una cantidad pequeña de energía por colisión, los espines del electrón y del protón pueden alinearse de forma que el átomo quede en un estado excitado. **Si el átomo retorna entonces al nivel fundamental de menor energía lo hace emitiendo un fotón de longitud de onda 21.11 cm** (o lo que es lo mismo, de frecuencia 1428 MHz). Muy alineado con el proceso de formación estelar y con temperaturas por debajo de los 10 K. Es de recordar que entre menos temperatura menos es su brillo intensidad.

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

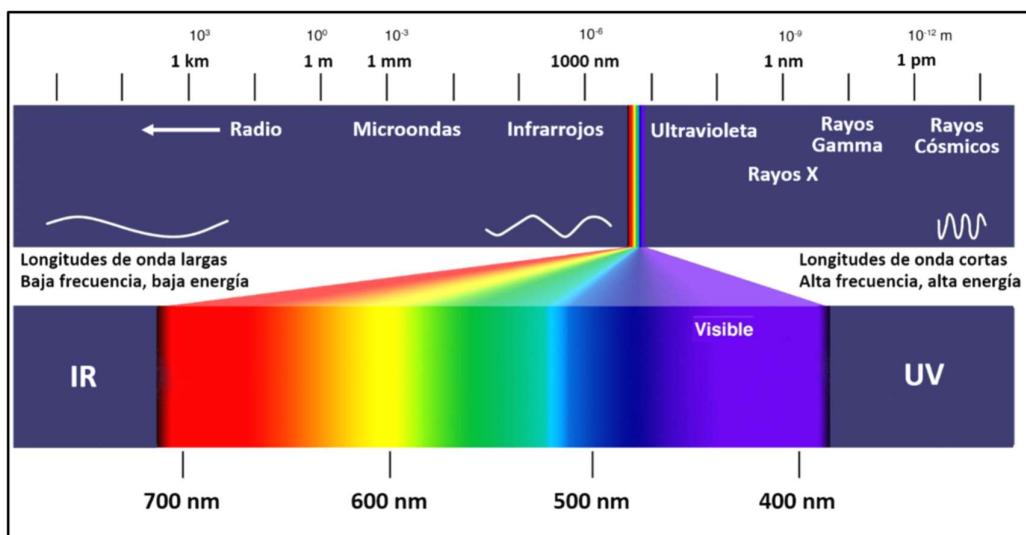


**Punto 9.** Se comentará el resultado y en particular la distribución de la emisión en continuo radio a 1.4GHz (21 cm) respecto a las diferentes regiones de la galaxia descritas anteriormente con las imágenes en el visible.

Respecto a la correlación del espectro continuo RADIO vs VISBLE, se definiría como la densidad de flujo de la radiación como la energía recibida por unidad de área, frecuencia y tiempo. También conocido por el concepto de brillo o intensidad, que es una descripción matemáticamente más precisa de la energía recibida por unidad de área en una frecuencia determinada procedente del ángulo sólido subtendido por la fuente y teniendo en cuenta el ángulo de incidencia. **Por lo tanto, el brillo**

**detectado de una fuente en cualquier frecuencia está relacionado con la temperatura del objeto emisor.**

El interior de una estrella se comporta, a efectos de radiación, como si fuera un cuerpo negro. Por este motivo, siguiendo la ley de Wien, estrellas con mayor temperatura tendrán máximos de emisión más energéticos (más azules) y estrellas más frías tendrán su máximo en regiones menos energéticas (más rojas) del espectro. En el caso del Sol, por ejemplo, este máximo se encuentra situado a unos 7000 Å, lo que proporciona el color amarillo característico de nuestra estrella. Según la ley de Steffan-Boltzman, tendremos que una estrella cuya temperatura sea dos veces mayor que la temperatura del Sol, emitirá diecisésis veces más cantidad de radiación que éste.



Fuente: <https://isqch.wordpress.com/category/cristalografia/>

Si el máximo de la radiación depende únicamente de la temperatura del cuerpo, **tendremos que los objetos, dependiendo de su temperatura, emitirán fundamentalmente en unas regiones u otras del espectro electromagnético**. A continuación se muestra una tabla en la que se indica la temperatura necesaria para que un cuerpo emita su intensidad máxima en un determinado rango y el tipo de cuerpos que presentan esa temperatura.

Tipo de radiación	Rango de longitudes de onda (Å)	Temperatura del objeto emisor	Ejemplo de emisor
Rayos gamma	Menores que 0.1	Más de $10^8$ K	Pocos. Sólo en algunas reacciones nucleares se producen rayos gamma
Rayos X	0.1-200	$10^6$ - $10^8$ K	Gas en un cúmulo de galaxias; restos de supernovas; la corona solar
Ultravioleta	200-4000	$10^5$ - $10^6$ K	Restos de supernova o estrellas muy calientes o activas
Visible	4000-7000	$10^3$ - $10^5$ K	El exterior de las estrellas
Infrarrojo	$10^4$ - $10^7$	$10$ - $10^3$ K	Nubes de gas molecular y polvo; planetas y satélites
Radio	Más de $10^6$	Menos de 10 K	Nubes oscuras de gas molecular y polvo

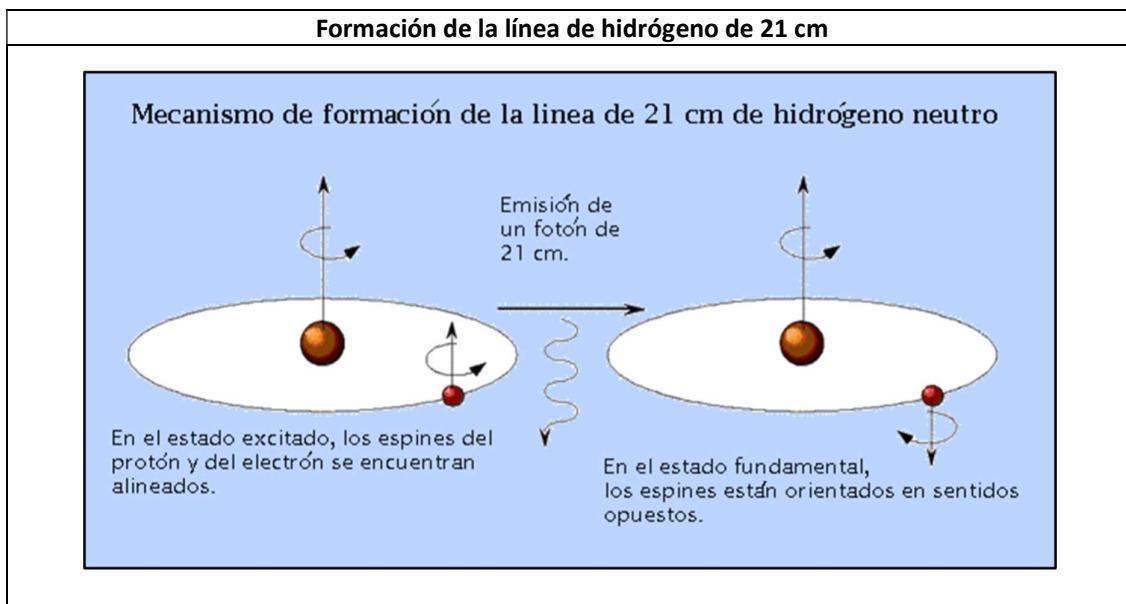
Fuente:[https://partner.cab.inta-csic.es/printable\\_section.php?Section=Curso\\_Fundamentos\\_Capitulo\\_3](https://partner.cab.inta-csic.es/printable_section.php?Section=Curso_Fundamentos_Capitulo_3)

Como se puede apreciar en la tabla anterior, **no son muchas las fuentes que emiten una fracción importante de su energía en radio por mecanismos únicamente térmicos**. Sólo pueden ser detectadas fuentes térmicas en radio cuando se trata de **estrellas con una envoltura de gas alrededor** (por ejemplo, en los primeros estados de su formación en el interior de nubes moleculares); o cuando su emisión se debe también a mecanismos no térmicos, que veremos en el siguiente apartado. La emisión del Sol en radio es relativamente pequeña en comparación con la emisión en otras frecuencias, pero su cercanía permite detectar su radiación térmica en radio.

Como ya se conoce, el hidrógeno es el componente más abundante de nuestro universo, pero el método de análisis de líneas espectrales es fundamental para la determinación de la composición de las estrellas, galaxias o material interestelar. Ahora, respecto a la emisión de una líneapectral que se pueda observar y que es muy importante en radioastronomía es **la emisión de la línea de hidrógeno neutro de 21 cm (frecuencia: 1.4 GHz)**. Así como la línea de 6563 Å puede ser observada en el óptico, **la línea de 21 cm se observa en radio, más concretamente en la banda L**. El mecanismo de producción de esta línea (de forma simplificada) es el siguiente:

En el caso de los **átomos neutros de hidrógeno** (esto es, átomos no ionizados), el nivel más bajo de energía viene dado por la situación en que los espines del electrón y del protón son antiparalelos, es decir, tienen sentidos opuestos. Si el átomo de hidrógeno neutro adquiere una cantidad pequeña de energía por colisión, los espines del electrón y del protón pueden alinearse de forma que el átomo quede en un estado excitado. **Si el átomo retorna entonces al nivel fundamental de menor energía**

lo hace emitiendo un fotón de longitud de onda 21.11 cm (o lo que es lo mismo, de frecuencia 1428 MHz).



Fuente:[https://partner.cab.inta-csic.es/printable\\_section.php?Section=Curso\\_Fundamentos\\_Capitulo\\_3](https://partner.cab.inta-csic.es/printable_section.php?Section=Curso_Fundamentos_Capitulo_3)

Se necesita poca cantidad de energía para que un átomo de hidrógeno se excite para emitir la línea de 21 cm. Esto supone que esta línea se encontrará en gases fríos que no son muy energéticos. Esta línea es visible en muchas zonas del cielo, dada la gran abundancia de hidrógeno en el Universo. Esta línea es muy habitual y ha proporcionado muchísima información acerca del medio interestelar y del tamaño y posición de las nubes de gas frío.

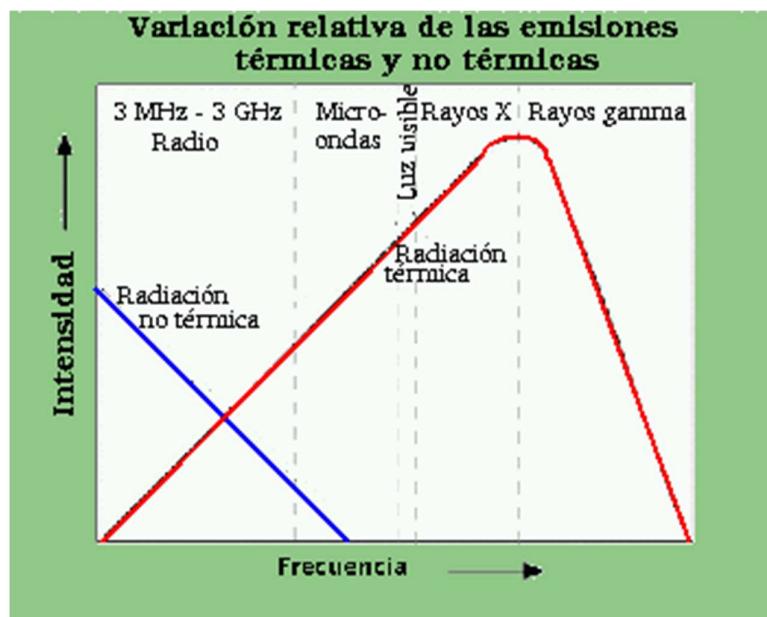
Pero no solamente nos encontramos líneas producidas por átomos. Las moléculas también tienen estados de energía discretos, lo que permite transiciones entre ellos absorbiendo o emitiendo fotones. Las transiciones moleculares más típicas son aquellas que involucran cambios en los niveles rotacionales o vibracionales de las moléculas. Como son muchas las transiciones posibles, el espectro de líneas que se produce es muy complejo, y aparece como una serie de bandas.

No sobra enunciar como una concluyente de las diferencias entre la **radiación térmica** y la **radiación no térmica**. Recordamos que la radiación térmica es aquella que se produce por efectos de la temperatura de la fuente (**radiación de cuerpo negro**, **radiación de frenado**, **líneas espectrales térmicas**) y la radiación no térmica es la que tiene lugar por otro tipo de efectos (**radiación sincrotrón** y **máseres**).

Gran parte de la radiación que nos llega procedente de la Vía Láctea o de otras galaxias es en forma de radiación no térmica.

En el caso de la emisión continua, una diferencia muy importante entre ambos tipos de radiaciones en el rango de ondas de radio, es que, mientras que la intensidad de la radiación térmica aumenta con la frecuencia o se mantiene más o menos constante, la intensidad de la radiación no térmica muestra el comportamiento contrario y normalmente su intensidad disminuye con la frecuencia.

### Diferencia entre emisión térmica y no térmica



Fuente:[https://partner.cab.inta-csic.es/printable\\_section.php?Section=Curso\\_Fundamentos\\_Capitulo\\_3](https://partner.cab.inta-csic.es/printable_section.php?Section=Curso_Fundamentos_Capitulo_3)

Las conclusiones al resultado y en particular de la distribución en la emisión del continuo radio a 1.4GHz (21 cm) respecto a las diferentes regiones de la galaxia descrita anteriormente con las imágenes en el visible (pregunta 9), se podrá ver su explicación en la parte inferior de las imágenes de superposición en VLA como en RGB en las páginas 45, 46 y 47 del presente documento.