



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE ASTRONOMÍA

DICIEMBRE 2007

NGC253 y su Procesamiento de Imágenes

PROFESOR:

- Simón Casassus

ASIGNATURA:

- SD20A: Observaciones
con el telescopio Goto.

INTEGRANTES:

- Andrés Albornoz
- Sebastián Albornoz
- Nicola Astudillo

Índice

1. Galaxia

- 1.1. Tipos de galaxias.....4
 - 1.1.1. Galaxias elípticas.....4
 - 1.1.2. Galaxias espirales.....5
 - 1.1.3. Galaxias irregulares.....5

2. Hacia NGC 253

- 2.1. La constelación del Escultor.....6
 - 2.1.1. El cielo profundo.....7
- 2.2. NGC 253, “La Galaxia del Escultor”8
- 2.3. Fotografía Astronómica.....10

1 Galaxia

Una galaxia es un masivo sistema de estrellas, nubes de gas y polvo, materia oscura, y quizás energía oscura, unidos gravitacionalmente. La cantidad de estrellas que forman una galaxia es variable, desde las enanas, con 10^7 hasta las gigantes con 10^{12} estrellas. Formando parte de una galaxia existen subestructuras como las nebulosas, los cúmulos estelares y los sistemas estelares múltiples.

Históricamente, las galaxias han sido clasificadas de acuerdo a su forma aparente (morfología visual como se le suele nombrar). Una forma común es la de galaxia elíptica que, como lo indica su nombre, tiene el perfil luminoso de una elipse. Las galaxias espirales tienen forma circular pero con estructura de brazos curvos envueltos en polvo. Galaxias con formas irregulares o inusuales se llaman galaxias irregulares, y son típicamente, el resultado de perturbaciones provocadas por la atracción gravitacional de galaxias vecinas. Estas interacciones entre galaxias vecinas (que pueden provocar la fusión de galaxias) pueden inducir el intenso nacimiento de estrellas. Finalmente, galaxias pequeñas que carecen de una estructura coherente también se les puede llamar galaxias irregulares.

Se estima que existen más de cien mil millones (10^{11}) de galaxias en el universo observable. La mayoría de las galaxias tienen un diámetro entre cien y cien mil parsecs¹ y están usualmente separadas por distancias del orden de un millón de parsecs. El espacio intergaláctico está compuesto por un tenue gas cuya densidad promedio no supera a un átomo por metro cúbico. La mayoría de las galaxias están dispuestas en una jerarquía de agregados llamados cúmulos, que a su vez pueden formar agregados más grandes, llamados supercúmulos. Estas estructuras mayores están dispuestas en hojas o en filamentos rodeados de inmensas zonas de vacío en el universo.

Se especula, que la materia oscura constituye el 90% de la masa en la mayoría de las galaxias. La naturaleza de este componente no está bien comprendida. Hay evidencia que sugiere la existencia de agujeros negros supermasivos en el núcleo de algunas galaxias. La Vía Láctea, que acoge a nuestro sistema solar, parece tener uno de estos objetos en su núcleo.

¹El parsec es una unidad de longitud utilizada en astronomía que equivale a 206265 UA

1.1. Tipos de galaxias

Las galaxias tienen tres configuraciones distintas: elípticas, espirales e irregulares. Una descripción algo más detallada basada en su apariencia es la provista por la secuencia de Hubble, propuesta en el año 1936. Este esquema (Fig. 1) que sólo descansa en la apariencia visual, no toma en cuenta otros aspectos tales como la tasa de formación de estrellas o la actividad del núcleo galáctico.

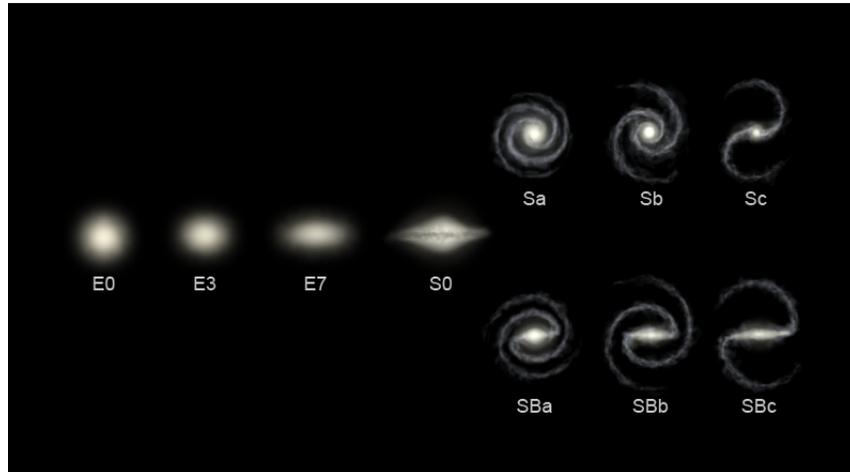


Figure 1: Tipos de galaxias de acuerdo al esquema de clasificación de Hubble.

1.1.1. Galaxias elípticas

(E0-7): Galaxia con forma de elipse. Pueden ser nombradas desde E0 hasta E7, donde el número significa cuán ovalada es la elipse, así E0 sería una forma de esfera y E7 de forma de plato o disco. También se puede decir que el número indica su excentricidad multiplicada por 10.

Su apariencia muestra escasa estructura y típicamente, tienen relativamente poca materia interestelar. En consecuencia, estas galaxias también tienen un escaso número de cúmulos abiertos y la tasa de formación de estrellas es baja. Por el contrario, estas galaxias están dominadas por estrellas viejas, de larga evolución que orbitan en torno al núcleo en direcciones aleatorias. En este sentido, tienen cierto parecido a los cúmulos globulares.

Las galaxias más grandes son gigantes elípticas. Se cree que la mayoría de las galaxias elípticas son el resultado de la coalición y fusión de galaxias. Estas pueden alcanzar tamaños

enormes y con frecuencia se las encuentra en conglomerados mayores de galaxias, cerca del núcleo.

1.1.2. Galaxias espirales

(Sa-d): Las galaxias espirales (Fig. 2) son discos rotantes de estrellas y materia interestelar con una protuberancia central compuesta principalmente por estrellas más viejas. A partir de esta protuberancia se extienden unos brazos en forma espiral de brillo variable. Las letras minúsculas indican cuán sueltos se encuentran los brazos, siendo 'a' los brazos más apretados y 'd' los más dispersos. Algunos tipos de galaxias espirales son:

- Galaxias lenticulares (S0 y SB0): Forma de galaxia espiral sin brazos. E8 también se menciona como perteneciente a este tipo.
- Galaxias espirales barradas (SBa-d): Galaxia espiral con una banda central de estrellas.
- Galaxias irregulares (Irr): Galaxia de forma espiral, pero que se encuentra deformada de algún modo.



Figure 2: Galaxia NGC 1300. Su espiral tiene 3.000 años luz de diámetro y no posee agujero negro en su centro. Imagen compuesta, tomada por el Telescopio espacial Hubble.

1.1.3. Galaxias irregulares

Las galaxias irregulares son las que no son espirales ni elípticas. Son aquellas que

no tienen estructuras comunes, no presentan núcleo y ofrecen un aspecto caótico y contienen abundante gas y polvo. Es un remolino de regiones estrelladas surcadas por líneas irregulares de polvo. Su aspecto probablemente se deba al resultado de una gigantesca explosión de estrellas o a la intensa formación de las mismas. Están compuestas por estrellas jóvenes y el gas interestelar es abundante. Aún con su diversidad, hay dos subgrupos principales: las parecidas a la gran nube de Magallanes y las nubes compactas.

Podemos encontrar galaxias irregulares como Las ‘Nubes de Magallanes’, cercanas a la Vía Láctea y como la brillante galaxia M82, en la Osa Mayor.



Figure 3: Galaxia M82. Su aspecto caótico, lleno de gas y polvo.

2 Hacia NGC 253

2.1. La constelación del Escultor

‘El banco del escultor’ es una pequeña constelación austral, inventada por Nicolás Louis de Lacaille para rellenar zonas despobladas de la bóveda celeste. Posteriormente, su nombre evolucionó hasta la denominación actual de Escultor. Por tanto, esta constelación carece de cualquier referencia mitológica. Para localizarla, es necesario guiarse por la estrella Alfa PsA, Fomalhaut y mirando hacia el este y al sur de Beta Ceti, puesto que Escultor está rodeada al oeste por Piscis Austrinos, al norte por Cetus, al sur por Phoenix y Grus y al este por Fornax (Fig. 4).

Como casi todas las constelaciones inventadas, las estrellas del asterismo² son débiles, aquí especialmente, puesto que sus estrellas principales no pasan de la cuarta magnitud. Así, su estrella principal, Alfa Scl, es de magnitud 4.30, otras cuatro también en esta magnitud (Beta 4.38, Gamma 4.41, Delta 4.59 y Eta 4.86), por lo que su principal asterismo, por la debilidad de sus estrellas y la baja altura a la que podemos ver esta constelación, hace que sea difícil de distinguir, por lo que el resto de sus estrellas, a partir de magnitud 5, son aún más difíciles.

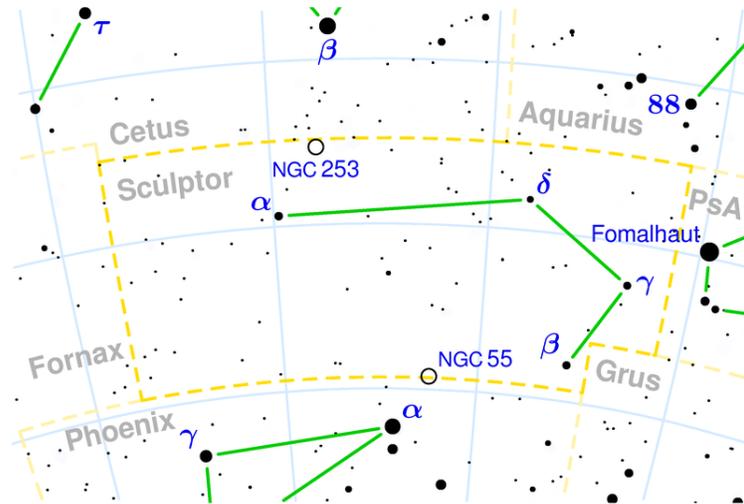


Figure 4: Mapa de la constelación del Escultor.

Entre las estrellas dobles se encuentran varias componentes interesantes, aunque no fáciles de extraer, dado que en esta constelación se dan muchas estrellas dobles poco accesible a los aficionados, bien por su extrema cercanía, bien porque las secundarias son extremadamente débiles. Entre las estrellas variables, que tampoco abundan en demasía, destaca sin duda S Scl, una variable mireida cuya magnitud en máximo es de 5.5, observable a simple vista, y desciende en 362.57 días hasta 13.6. Su espectro oscila entre M3 y M9 en ese período. Muy interesante para seguir fotográficamente localizandola a $2^{\circ}48'$ al noroeste de Eta Scl en A.P. 289.5° .

2.1.1. El cielo profundo

Aquí se encuentran algunos objetos de máximo interés (Fig. 5):

- **NGC288** es el cúmulo globular más brillante de la constelación. Tiene una estructura globular en la frontera porque su aspecto es de dispersión estelar. Contiene estrellas entre

²En astronomía se llama asterismo al conjunto de estrellas que vistas desde el cielo de la Tierra parecen formar una figura, pero que a diferencia de una constelación no tiene un reconocimiento oficial por parte de la comunidad científica.

magnitud 12 y 16 y es moderadamente brillante y grande. Con un tamaño de 13.8' de arco y una magnitud 8.1 se puede observar también al norte de la constelación a 3°03' al noroeste de Alfa Scl en A.P. 334.7°.

NOMBRE	MAGNITUD	DIMENSIONES	MÁS INFORMACIÓN
Blanco 1	4.2	90'	Cúmulo abierto mediano
NGC 253	7.2	26.4' x 6'	Galaxia espiral barrada
NGC 55	7.9	31.2' x 5.9'	Galaxia espiral barrada
NGC 288	8.1	13.8'	Cúmulo globular poco concentrado
NGC 300	8.1	19.3' x 13.3'	Galaxia espiral
NGC 7793	9.1	9.6' x 6.4'	Galaxia espiral
NGC 613	10.1	5.2' x 4.3'	Galaxia espiral barrada
NGC 134	10.4	8.4' x 1.8'	Galaxia espiral barrada
Sculptor Dwarf (Enana Escultor)	10.5	40' x 31'	Galaxia elíptica

Figure 5: Algunos objetos interesantes del cielo profundo.

- **NGC55** es una galaxia espiral barrada de tipo SBp con un tamaño de 25'x4.0' de arco en A.P. 108° y con magnitud 7.9 que es bastante más difícil de observar, porque se encuentra totalmente al sur de la constelación, justo sobre la frontera con Phoenix.
- **NGC300** es otra galaxia, también grande, aunque más débil. Se trata de una espiral tipo Sd con un tamaño de 20'x15' de arco y una magnitud 8.1 en A.P. 111°. Se localiza (difícilmente) a 1°45' al noroeste de Xi Scl en A.P. 313.1°.
- **NGC7793** es otra galaxia relativamente brillante con magnitud 9.1 y tamaño de 9.1'x6.6' en A.P. 98°. Se localiza a 3°01' al suroeste de Zeta Scl en A.P. 198.4°.
- **NGC253** es, sorprendentemente, el objeto más brillante de la constelación. Sorprendentemente, porque se trata de una galaxia espiral vista casi de canto. A continuación describiremos con más énfasis esta galaxia y detallaremos el trabajo hecho en fotografía astronómica.

2.2. NGC 253, “La Galaxia del Escultor”

NGC 253 (Fig. 6) fue descubierta por Carolina Herschel (hermana de William Herschel), el 23 de Septiembre de 1783.

Es de tipo Sc con un tamaño de 25'x7' de arco y una magnitud integral de 7.2 y dispuesta en A.P. 52°. Se trata de una galaxia espiral normal. Es el miembro más prominente del Grupo

de galaxias del Escultor, el más cercano a nuestro Grupo Local.³ Parece ser, visualmente, una de las espirales más brillantes y más polvorientas del cielo, y es fácilmente localizable en el hemisferio austral con instrumentos de aficionado. Está considerada como una galaxia formadora de estrellas debido a su gran tasa de formación estelar y a las densas nubes de polvo en su núcleo (Fig. 7).



Figure 6: NGC 253 vista casi de lado.

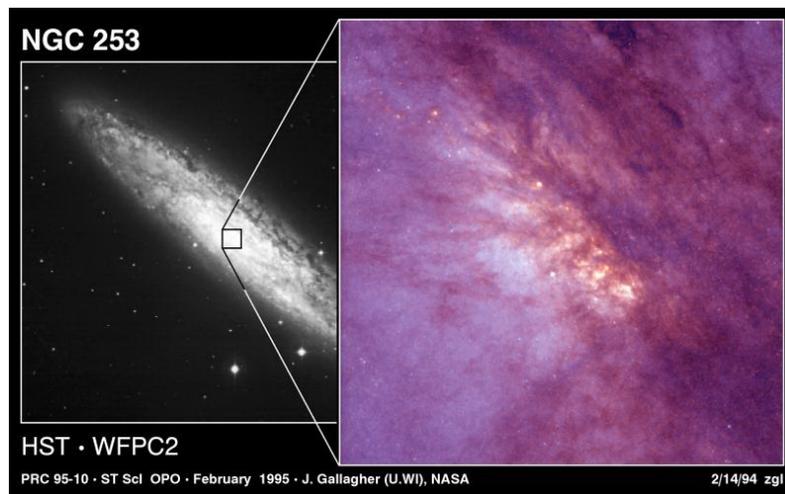


Figure 7: Su núcleo lleno de formación de estrellas.

Gracias al observatorio de Rayos X Chandra, se han tomado imágenes de galaxias conocidas por ser grandes formadoras de estrellas, en las cuales, se muestra que estas galaxias también contienen luminosas fuentes de rayos X y rayos gamma, lo que hace pensar en agujeros negros

³Se denomina Grupo Local al grupo de galaxias en el que dominan las espirales gigantes: Andrómeda y la Vía Láctea. El resto, unas 30, son más pequeñas.

de tamaño intermedio y enormes nubes de gas caliente. Tomando a NGC 253, a una distancia de sólo 8 millones de años luz, la prodigiosa actividad formadora de estrellas de esta galaxia ha sido muy estudiada, usando imágenes de alta resolución en la banda visible. Ampliando la imagen de la región central de esta activa galaxia, los sensores de rayos X del Chandra muestran nubes de gas caliente y, por lo menos, cuatro poderosas fuentes de rayos X, a unos 3.000 años luz del centro de la galaxia. Mucho más luminosos que los sistemas binarios de estrellas con un agujero negro de nuestra galaxia, estas fuentes inmensas de rayos X pueden estar cayendo hacia el centro de NGC 253, de lo cual se deduce, que ésta y otras galaxias similares podrían acabar teniendo un único agujero negro supermasivo, transformando sus núcleos en cuántars.

Hasta el momento sólo se ha podido observar una supernova en esta galaxia, la SN 1940 E, descubierta por Fritz Zwicky, a $51''$ O y $21''$ S del núcleo de la galaxia, que alcanzó una magnitud de 14 en su máximo.

2.3. Fotografía Astronómica

A continuación se verá un pequeño procedimiento en cómo reproducir una foto de NGC 253 tomada por el telescopio Goto.

- **Paso 1: Aplicar *flatfields***

Para mejorar la calidad de las imágenes tomadas, fue necesario aplicar los *flatfields* *dfield* (*dome flat*, que consiste en capturar una imagen neutra de la cúpula del observatorio) y *sfield* (*sky flat*, que consiste en capturar una imagen neutra del cielo en el crepúsculo o de una caja especial dotada de una pantalla blanca) , los cuales, al dividirlos a las imágenes originales, eliminaron el ruido causado por las irregularidades de la atmósfera y del CCD. Cabe destacar que, además de dividir la imagen por los *flatfields*, es necesario dividir por los tiempos de exposición de cada *flatfield*.

Problemas : Al aplicar los *flatfields* no se notó una mejora en la calidad de la imagen. La única consecuencia mas visible fue un cambio en la intensidad de los píxeles. Es posible que la causa de este error se deba a la ausencia de la corrección de campo oscuro, corrección que se aplica restando en vez de dividir. Se intentó hacer una corrección de este tipo, restando el promedio del cielo oscuro de la imagen, pero optamos por omitir esto, por no ser una aproximación muy confiable y por el hecho de no obtener mejoras significativas (Fig. 8).

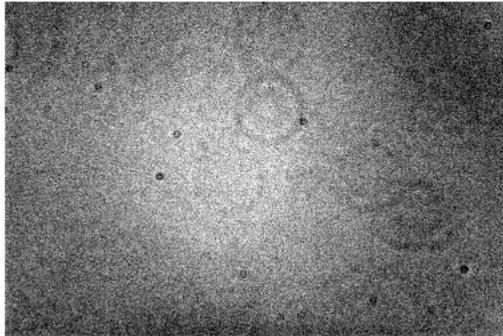


Figure 8: *dflat*.

- **Paso 2: Astrometría (*resamp*)**

Esta etapa consiste en asignar las coordenadas celestes (compuestas por dos coordenadas: la ‘ascensión recta’ que se mide a partir del Punto Vernal en horas, minutos y segundos hacia el Este a lo largo del ecuador celeste y la ‘declinación’ que es el ángulo que forma el astro con el ecuador celeste. Esta se mide en grados y es positiva, si está al norte del ecuador celeste y negativa, si está al sur) a cada imagen. Esto se realiza, obteniendo las coordenadas del detector (x e y) de estrellas de referencia mediante una transformación que realiza un ajuste de mínimos cuadrados que intenta dejar la imagen con la mejor orientación y menor distorsión posible.

Problemas : En vista a la poca cantidad de estrellas presentes en nuestras imágenes, se tuvo que refinar bastante la posición de cada estrella, pues una pequeña falla producía una distorsión enorme, además en un principio se supuso que las posiciones de las estrellas eran igual de un filtro a otro, lo cual no era así, debido a que no existía un seguimiento perfecto. Así se tuvo que realizar la toma de datos de las 9 imágenes de forma independiente.

En el *resamp* se le adjudicó a las imágenes un centro en común para la galaxia, que constituye el núcleo de la misma. Como una de las imágenes no incluía este núcleo, se le dio a las imágenes resampleadas un tamaño de 3400x2900 pixels lo que ralentizó considerablemente el tiempo de procesamiento de las imágenes, pues estas pasaron de 28 MB a 69 MB (Fig. 9, 10, 11).

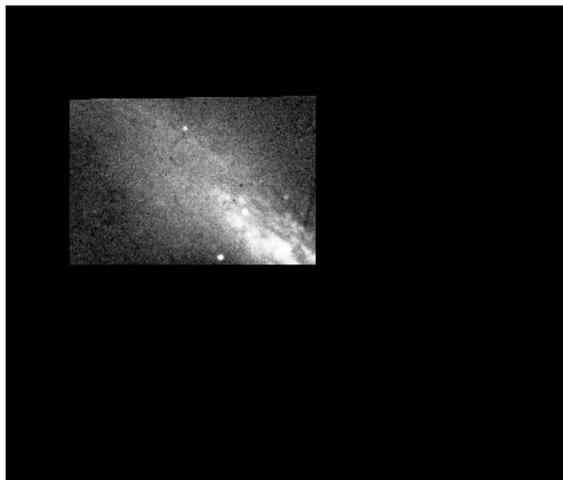


Figure 9: Astrometría con la primera imagen.

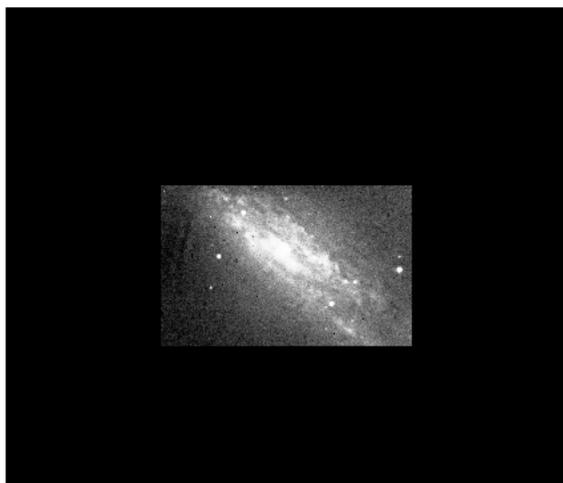


Figure 10: Astrometría con la segunda imagen.

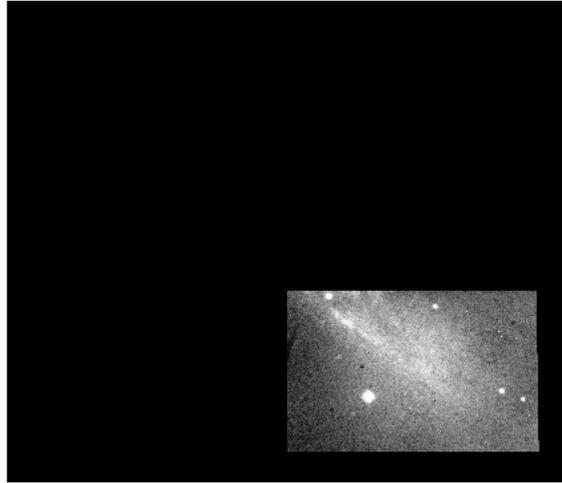


Figure 11: Astrometría con la tercera imagen.

- **Paso 3: Cortar bordes**

En vista de que las imágenes originales presentaban bordes con líneas blancas y debido a que el seguimiento del telescopio no era perfecto, para evitar problemas en la coloración (partes de la imagen con solo uno o dos filtros) y en el mosaico (líneas blancas en las intersecciones) se creó un pequeño programa en *perl* encargado de asignar con valor 0 (negro) a los bordes de las imágenes (Fig. 12, 13).

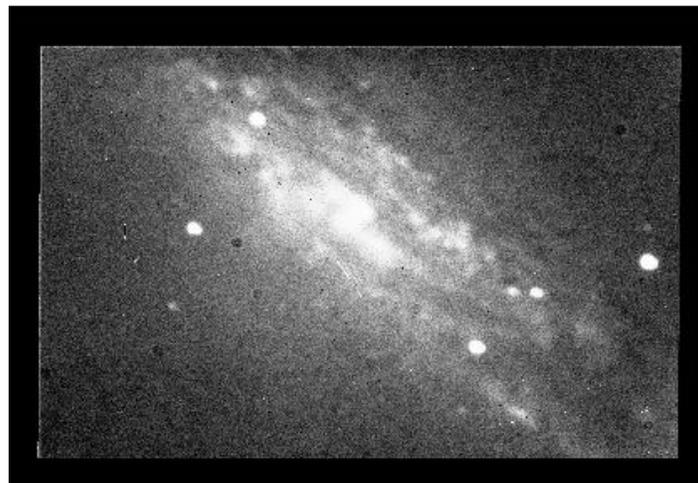


Figure 12: Imagen con bordes.

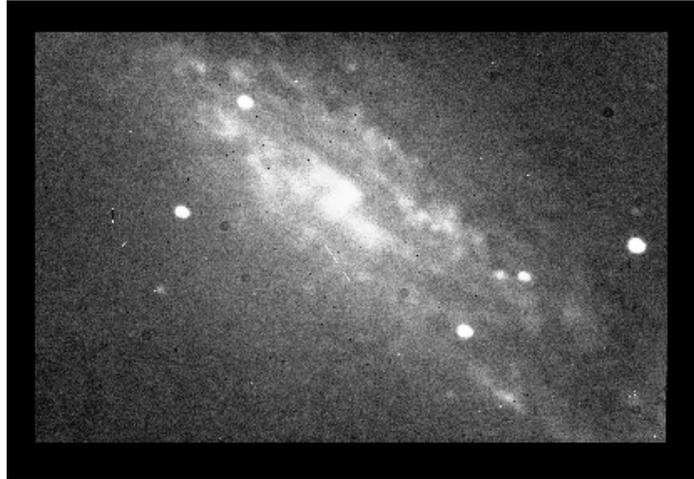


Figure 13: Imagen sin bordes.

- **Paso 4: Mosaico**

Consiste en ‘pegar’ las imágenes para generar una única imagen que contenga la galaxia completa. En este proceso se promedian los valores de los píxeles en los puntos de intersección de las imágenes para que no se produzca un salto brusco de los flujos, debido a la superposición de flujos. En principio se realizaron 3 mosaicos (uno para cada filtro).

Problemas : Un gran problema fue el hecho de que las estrellas no calzaban. Se le atribuyó este error a causa de una mala astrometría con las imágenes, lo cual se corrigió en incontables ocasiones, obteniendo una notable mejora con respecto a las pruebas iniciales. Otro problema importante fue la no uniformidad de los flujos, lo cual fue corregido, calculando el flujo promedio de los alrededores de la galaxia y luego se ponderaron las imágenes para dejar, dicho promedio, relativamente igual en todas las imágenes(Fig. 14, 15).

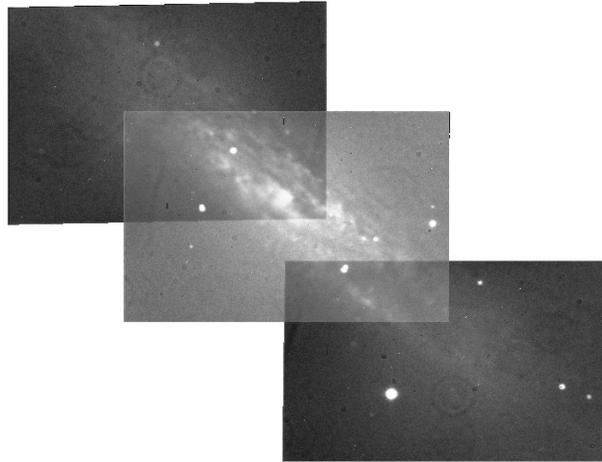


Figure 14: Mosaico.

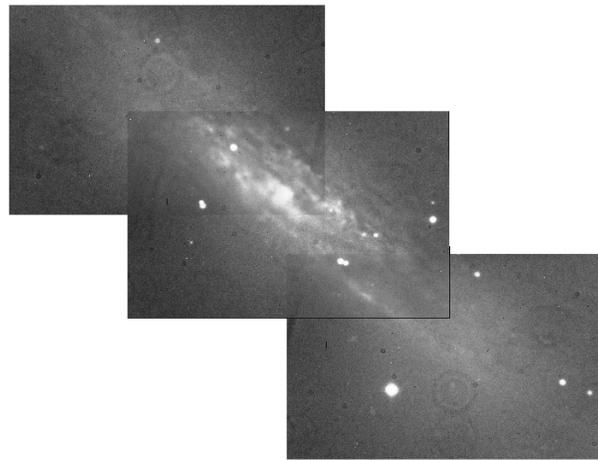


Figure 15: Mosaico corregido.

- **Paso 5: Colores**

Para colorear las imágenes se utilizaron los mosaicos de 3 filtros R-V-B (R *red*, V *visual*, B *blue*). Para fusionar los filtros y generar la imagen a color, se realizó de dos maneras diferentes: la primera forma fue con el programa DS9 que incluye una herramienta en la cual se asignan a cada filtro su determinada imagen y luego grafica, método bastante fácil, pero que impedía la manipulación y corrección de los colores; la segunda forma y definitiva fue mediante un programa en *perl* que permitía la manipulación de la intensidad de cada filtro y la corrección específica de determinadas zonas de la galaxia.

Problemas : La coloración del mosaico presentaba cambios bruscos de colores, debido a la no homogeneidad de los flujos de cada imagen juntada por el mosaico. Este problema solo logró ser solucionado mediante el refinamiento del mosaico. Otros problemas fueron el hecho de que la galaxia tenía tonalidades muy verdosas y que los alrededores de la galaxia presentaban colores muy intensos, a pesar de la ausencia de estrellas, pero mediante correcciones del programa se logró asignar un color más negro a las partes que no correspondían a la galaxia y se logró normalizar el color general de la galaxia (Fig. 16).



Figure 16: Mosaico coloreado en DS9.

Para la imagen en color creada con el comando ‘`rgbi`’ del modulo PGPLOT no se obtuvieron buenos resultados debido a que en este caso no se pudo promediar el valor de los píxeles compartidos por dos imagenes, por lo que existen partes que resaltan mucho más, debido a una superposición, a pesar de haber hecho el procesamiento para dejar las imágenes lo más uniformes posibles. Para generar el mosaico a color, el programa toma cada imagen independiente, es decir, no toma el mosaico formado, pues era peor el resultado, en contra, al tomar las imagenes independientes los colores no son homogéneos (Fig. 17).



Figure 17: Mosaico vía PGLOT.

Referencias

- http://en.wikipedia.org/wiki/Flat-field_correction
- <http://www.noao.edu/kpno/manuals/minimo/node3.html>
- http://www.iac.es/galeria/jap/IRAF_notes/notas_ccd.html
- http://es.wikipedia.org/wiki/Coordenadas_celestes
- <http://perlenespanol.baboonsoftware.com/foro/post-10901.html&highlight=#10901>
- <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- http://www.astrohenares.org/shownews.php?subaction=showfull&id=1177174068&archive=&start_from=&ucat=4&