

ASTROFOTOGRAFIA

Astrofotografía a tu alcance

por Joaquín Camarena Romero

Todos hemos visto las fabulosas fotografías astronómicas que realiza nuestro compañero Ximo. En esta presentación nos muestra su trabajo y la única manera que hay de realizarlo: Un objeto cada noche, procesado a fondo de las tomas y búsqueda incansable de ayuda en internet. El texto se ciñe a las diapositivas que presentó en su charla del día 27 de enero.

Diapositiva 1

FOTOGRAFÍA DE CIELO PROFUNDO. CON CÁMARA REFLEX DIGITAL. DSLR

Diapositiva 2

ASTROFOTOGRAFÍA

- PLANETARIA DE ALTA RESOLUCIÓN (detalles del SOL, LUNA Y PLANETAS)
- PLANETARIA DE BAJA RESOLUCIÓN (SOL Y LUNA completos)
- CIELO PROFUNDO (NEBULOSAS, CÚMULOS ESTELARES, COMETAS , GALAXIAS,)

-s/c Celestron C14 14"

- Newton Bresser 8"

- Refractor Takahashi 102mm

-PST Coronado 40 mm (Solar filtro H alpha)

Diferentes cámaras:

- videocámaras DMK o ASI

- CCD Atik 314L+

- Canon 1100d

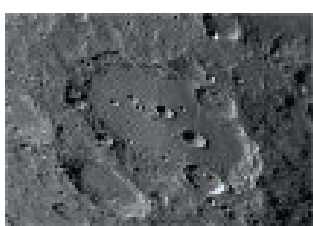
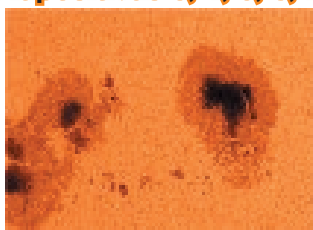
Y con diferente configuración óptica:

- Barlows , reductores de focal, filtros...

Pero todas tienen algo en común:

SON EL RESULTADO DE APILAR Y PROCESAR MUCHAS IMÁGENES

Diapositivas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10



Diapositiva 12

Para obtener buenas astrofotografías hay que tomar muchas imágenes del objeto celeste que queremos fotografiar.

Al disparar la cámara además de captar la luz de las estrellas, nebulosas, etc, (señal) , se capta mucho ruido.

La mayor parte del ruido es aleatorio y la señal no.

Con programas adecuados podemos mantener la información fija y eliminar la aleatoria. Hay que aumentar la relación Señal/Ruido. Una de las estimaciones estadísticas más utilizadas es calcular la media de un grupo de tomas, es decir, sumar el valor de cada píxel situado en el mismo lugar y dividirlo por el número de imágenes .

La mejora (aumento) de la relación Señal/Ruido después del promediado (apilado) es proporcional a la raíz cuadrada del número de imágenes empleadas.

Promediando 4 imágenes mejoramos la relación Señal/Ruido en un factor 2, con 9 en un factor 3, etc.

El apilamiento de imágenes no implica un aumento de la señal, pero al reducir el ruido

Diapositiva 11

Estas fotografías se han realizado con diferentes telescopios:

-s/c Meade 12"

hace aparecer la señal
 Cuantas más imágenes utilicemos mejor se podrá realizar este proceso.

Diapositiva 13

¿Qué es mejor :
 tomar 10 imágenes de 50 segundos o 50 imágenes de 10 segundos ?

La mejor respuesta : 50 imágenes de 50 segundos

MUCHAS IMÁGENES CON UN TIEMPO EXPOSICIÓN LO MÁS LARGO POSIBLE, SIN LLEGAR A LA SATURACIÓN.

Hay que mentalizarse

Diapositiva 14

FOTOGRAFÍA DE CIELO PROFUNDO. CON CÁMARA REFLEX DIGITAL. DSLR
 CASI TODO LO EXPUESTO AQUÍ SIRVE TAMBIÉN PARA LAS CÁMARAS CCD EN COLOR.

PARA LAS CCD MONOCROMO CON FILTROS R,G,B O CON FILTROS DE BANDA ESTRECHA (H-alfa , O-III, etc.) CAMBIAN ALGUNOS PASOS Y HAY QUE AÑADIR OTROS.

Voy a contar lo que yo realizo.

Diapositiva 15

EQUIPO ACTUAL

Telescopio C14 EDGE HD – Lente Hyperstar -

Diámetro : 356 mm Longitud focal : 3910 mm Relación focal F11

Diámetro obstrucción central : 114 mm - 32% de 356

Relación focal con Hyperstar F1,9



Diapositiva 16

MONTURA ECUATORIAL AZEQ6

Carga máxima aconsejable 20 Kg

Peso C14 + Hyperstar +buscador + telescopio guía + cámara = 22 kg

Lo soporta bastante bien. Para un buen seguimiento, utilizo un telescopio auxiliar con cámara. (Autoguiado)



Diapositiva 17

Ventajas e inconvenientes del C14 a F1,9

-V –Capta mucha luz. Tiempo de exposición muy corto (de 20 a 120 seg).

-V- Capta más detalles (por el diámetro) .

-I- Estrellas muy gordas por la obstrucción central.

-I- Patrón de difracción rectangular a causa de la cámara Canon (corregido con una cartulina circular)

-I- Enfoque con el espejo primario(Se puede descolimar)

-Las ventajas superan a los inconvenientes.

Diapositiva 18

El sistema de enfoque mueve el espejo pri-



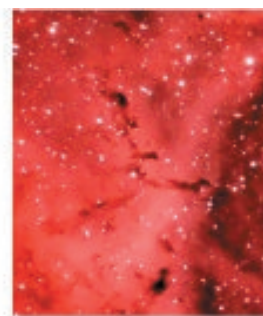
mario. Se descolima fácilmente.

Diapositivas 19, 20, 21 y 22

Diferencia entre el C14 (d= 35,5 cm – obstrucción) y el TSA 102 (d = 10,2 cm) ROSETA

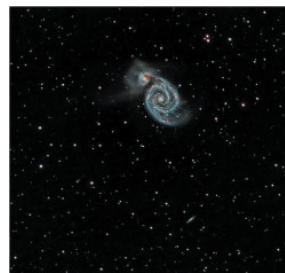
C14 F1.9
 T. exp 80 seg
 27 IMÁGENES

TSA 102 F6
 T. exp 600 seg
 8 IMÁGENES



CON EL TSA 102 LA GALAXIA M51 SE ME RESISTÍA.

CON EL C14 A F1,9 LA CONSEGUÍ CON UN TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE 90 seg (33 imágenes)



Diapositiva 23

-Cámara Canon

1100d modificada

-Se le ha quitado el filtro que no dejaba



pasar la radiación Ir y parte de la roja.
 -Lleva un filtro antipolución
 -No está refrigerada ni controlo la temperatura del sensor. Es un problema para los darks .(Se puede refrigerar)

Resolución:

$$R \text{ (arc seg/pix) } = 206,265 \times \text{Tpixel (} \mu\text{m) } / \text{DF (mm)}$$

$$\text{Tpixel} = 5 \mu\text{m} \quad \text{DF} = 675\text{mm}$$

$$R = 1,53 \text{ arc seg /pix}$$

Tengo un campo muy amplio

Diapositiva 24

Para controlar la cámara desde el ordenador utilizo EOS utility.

Seleccionar el ISO, modo B , tiempo de exposición ,... y programar los disparos.

MUY IMPORTANTE

QUE LA CÁMARA

TENGA LA OPCIÓN Live Wiew (Ver en vivo - VÍDEO).

Permite hacer zoom

Se apunta a una estrella para colimar el telescopio

y para enfocar..

También se utiliza para centrar el objeto



Diapositiva 25

CÁMARA IDEAL PARA EL HYPERSTAR



Diapositiva 26

Un concepto fundamental: Relación señal/ ruido

Señal : fotones que proviene del objeto que queremos fotografiar.

Ruido: fotones que no pertenecen al objeto que deseamos fotografiar (no se incluye la polución lumínica). Es muy aleatorio por lo que hay que apilar y promediar muchas imágenes.

Las principales fuentes de ruido son:

-**Ruido térmico.** Se minimiza enfriando el sensor de la cámara . Se disminuye con los Darks frames. Son imágenes tomadas con el mismo tiempo de exposición , igual ISO y la misma temperatura que los Light frames, pero con el telescopio tapado. Hay que tomar varios Darks y promediarlos., obteniéndose un master Dark.

-**Ruido de lectura.** Se origina al leer el nº de electrones acumulados en los pixels.

Se reduce con los Bias frames. Se obtienen con el telescopio tapado y con el mínimo tiempo de exposición (igual ISO) . Hay que tomar varios Bias y promediarlos , obteniendo un master Bias

Diapositiva 27

¿Cómo aumentar la señal y reducir el ruido?.

- Aumentando el diámetro del telescopio.
- Sensor más sensible y cámara que genere menos ruido.
- Enfriando el sensor
- Reduciendo la relación focal.

-con el equipo que tenemos

- Aumentando el tiempo de exposición.
- Bajando el ISO (baja el ruido , pero necesitamos más tiempo de exposición)
- Tomando muchas imágenes para realizar el apilado (20-30-40 -60 cuantas más mejor).

Se basa en que una gran parte del ruido es aleatorio y la señal no lo es. Con métodos estadísticos se puede reducir el ruido.

FUNDAMENTAL. : Tomando darks (si tenemos control de temperatura en la cámara) , bias,..

Diapositiva 28

PASOS PARA OBTENER UNA BUENA FOTOGRAFÍA:

- 1- TOMA DE LAS IMÁGENES.
- 2- CALIBRADO Y APILADO
- 3- PROCESADO
- 4- RETOQUES FINALES

Diapositiva 29

1- TOMAR LAS IMÁGENES

- Telescopio equilibrado en peso en los dos ejes.
- Telescopio alineado a la polar.
- Telescopio colimado
- Utilizar un telescopio guía para mejorar el seguimiento de la montura. Para tiempos de exposición cortos no hace falta
- Tomas en formato raw para no perder información.
- Tomar las imágenes light
- Tomar los darks y los bias
- Realizar Flats para eliminar la suciedad y defectos de iluminación del sistema óptico .

-Las noches sin humedad son excelentes para este tipo de fotografía. Cuanto más seco esté el aire mejor.

Diapositiva 30

¿Tiempo de exposición?
Debe ser lo más largo posible
¿hasta que esté un poco sobreexpuesta?
No hay que saturar demasiado la imagen porque perderemos información útil.
Si queremos sacar las nebulosidades débiles hay que subir el t exp y saturaremos las zonas brillantes , las estrellas, y el fondo.
Es mejor hacer imágenes con texp diferentes y sobreponerlas.
-El límite también lo marca la contaminación lumínica.
-Esta contaminación se corrige , en parte, con filtros que impiden el paso de la luz que emiten las farolas en unas determinadas líneas del espectro visible (Halógenos, sodio, ...). Si se colocan bombillas que emiten en todo el espectro visible , los filtros no sirven.

Diapositiva 31

2-CALIBRADO Y APILADO DE IMÁGENES DEEPSKYSTACKER

Aconsejable leer el manual de usuario de este programa
Previamente:
Inspeccionar imágenes. (Estrellas redondas, buen seguimiento de la montura) .
Pasarlas a Tiff ?
DeepSkyStacker
-abrir imágenes light.
-Elegir imagen de referencia
-abrir darks, flats y bias (si los hay) -
Calibrado
-seleccionar todo, registrar (alinear) y apilar. (Según el nº de imágenes tomadas te indica cuál es la opción adecuada)

Diapositiva 32

DIFERENCIAS ENTRE UNA DE LAS IMÁGENES Y LA IMAGEN FINAL APILADA.
¿Cómo es la imagen obtenida en el apilado?
-Se ha aumentado la relación señal/ruido
-Sigue con poca diferencia de brillo entre el fondo y el objeto fotografiado. Esto se arregla con el procesado de la imagen.

Diapositiva 33

3- PROCESADO DE LA IMAGEN CON PIXINSIGHT

Qué ha ocurrido en las imágenes obtenidas?
.A los pixeles del sensor de la cámara le llegan fotones que generan una cantidad de electrones , un número de electrones ; según la luz recibida.
.Convertimos la luz en números. Pixinsight y los demás programas de procesado , trabajan con números.

A los pixeles que les ha llegado poca luz tendrán número bajo y viceversa.

El 0 será pixel negro y el 1 pixel blanco saturado (quemado).

Entre el 0 y el 1 tenemos todo el rango dinámico, que se ve en el Histograma.

Las sombras están en los valores bajos , los medios tonos a mitad del rango y las altas luces en los valores altos.

Pero además tenemos el ruido que no hemos quitado en el apilado.

Diapositiva 34

COMPRENDEREMOS MEJOR COMO FUNCIONA PIXINSIGHT CON DOS CONCEPTOS BÁSICOS:
LAS CAPAS DE ONDAS (WAVELETS LAYERS)
LAS MÁSCARAS

Diapositiva 35

LAS CAPAS DE ONDAS. ESTÁN EN EL PROCESO “A TROUS WAVELETS TRANSFORM”

CAPAS CON ESTRUCTURAS DE TAMAÑO SIMILAR
La capa 1 contiene estructuras de tamaño muy pequeño (fundamentalmente ruido)
La capa 2 estructuras de tamaño algo mayor , etc
Las estrellas están contenidas entre las capas 1 y 6 . En las capas 3,4,5 y 6 también hay pequeñas estructuras de nebulosas,etc.
Si hay alguna estrella muy grande hay que ampliar hasta la 7 u 8.
A partir de la capa 7 son estructuras de gran escala (nebulosas , etc)
Podemos visualizar estas capas , modificarlas , incluso anularlas.

Diapositiva 36

Esto nos permite procesar estas estructuras separadamente.
Ver ejemplo (en una dejar la capa R, en la otra quitar la capa R))
También permite realizar un análisis del ruido por capas y reducirlo.

Diapositiva 37

LAS MÁSCARAS

Sirven para proteger algunas zonas de la imagen para que no sean procesadas.
Una máscara es una imagen en escala de grises, en la que un valor de pixel 1 (blanco) representa un punto que sí será procesado y un valor 0 (negro) implica que ahí no se aplicará el procesado.
Los pixeles con valores intermedios se proce-

sarán menos.

Las máscaras suelen suavizarse ,desenfocándolas; para no crear artefactos alrededor de las estrellas y nebulosas. El paso de lo que se protege a lo que no , debe ser gradual.

O pueden binarizarse (saturar negro y blanco) para proteger mejor y desproteger mejor. Hay que ajustarlas con precisión para no crear efectos no deseados

Diapositiva 38

Orden de los pasos a seguir para procesar la imagen:

Cuando abrimos la imagen apilada hay muy poca diferencia de brillo entre el fondo del cielo y las nebulosas o galaxias, y apenas vemos detalles. Hay que sacar casi todo lo que está escondido en la imagen.

Para hacerlo adecuadamente hay que seguir un orden en el procesado.

1- estirar virtualmente la imagen con Screen transfer function (SFT)

La *función de transferencia pantalla* (STF) en PixInsight se utiliza para mejorar la visibilidad de una imagen , pero sin alterar sus datos de píxeles .

Vemos detalles de la imagen .Identificamos marcos negros del apilado, viñeteo, diferencias de iluminación.

2-Recortar bordes (con Dynamic crop),
si:- hay marcos negros
- o si el viñeteo no contiene estructuras interesantes.

Diapositiva 39

3-Corrección de la iluminación del fondo con Dynamic Background Extraction (DBE).

(ESTA “HERRAMIENTA “ ES MUY IMPORTANTE).

Corrige la mala iluminación del fondo producida por:

-luces externas,
- contaminación lumínica,
-viñeteo de los reductores de focal ,etc.

Si hemos hecho flats, bias y darks , el DBE funcionará mejor.

Si no los hemos hecho, también mejorará la iluminación del fondo.

Esta herramienta toma muestras del fondo y las promedia restándolas o dividiéndolas.

Si hay viñeteo : dividir

Si hay gradientes o contaminación lumínica: restar

Si están los dos (es lo más frecuente) : restar

Hay que tener cuidado y tomar muestras

sólo del fondo , sin nebulosas ni galaxias, porque si no perdemos datos de estos objetos.

Tampoco hay que tomar muestras encima de las estrellas.

Diapositiva 40

4-Neutralizar el fondo con Background Neutralization

La herramienta neutralización del fondo , produce un fondo del cielo *gris neutro* . BackgroundNeutralization requiere una buena referencia del fondo del cielo.

Se toma una o varias muestras (preview) del fondo sin estrellas , nebulosas o galaxias Un fondo neutro es una condición previa necesaria para realizar una calibración de color correcta.

Diapositiva 41

5-Calibración del color con Color Calibration

La herramienta ColorCalibration realiza un equilibrio de los colores de una imagen lineal RGB.

Hay que dar una referencia de blanco y otra del fondo del cielo. (VER PÁGINA PIXINSIGHT)

Si hay una galaxia brillante se toma como ref de blanco.

En nebulosas la ref de blanco son las estrellas más brillantes (marcar estructuras 5-6)

Si no hay estrellas brillantes se toma toda la imagen

Como referencia del fondo se toma la utilizada en Background neutralization

Comprobar la calibración con estadísticas (los valores median en RGB deben ser parecidos) o en el histograma (las 3 curvas RGB deben estar superpuestas).

Diapositiva 42

6-Reducción de ruido en el canal verde SCNR

Elimina los píxeles verdes del fondo del cielo

7-Reducción de ruido multiescala con A TrouS Wavelets (ATW) – Por capas

Estos 7 pasos son obligados. La imagen aún es lineal.

A partir de aquí ya podemos estirla, etc. Se pueden seguir varios caminos

Diapositiva 43

8-Estirado del histograma automatizado con maskedstretch (protege el centro de las estrellas)

Después ir al histograma y reducir sombras

9- OTROS ESTIRADOS

a-Estirado manual con el Histograma protegiendo las estrellas con una máscara.

b-O estirado con exponencial transformación PIP con máscara de estrellas. (Poco a poco y varias veces)

c-Separar estructuras. (estrellas del resto).

Hacemos una copia de la imagen, con ATW dejamos solo las estrellas. A la imagen original le restamos la copia y nos queda la imagen sin estrellas (PixelMath)

Ahora hacer estirado, curvas, etc. Después unimos las estrellas. (PixelMath).

Después de estos pasos es conveniente corregir la zona de sombras con el histograma

Diapositiva 44

10-Reducir ruido con ACDNR (permite proteger lo que no queremos procesar con una máscara) . Comprobar que no quitamos información.

Ver Histograma y reducir sombras

11- Aplicar HDR para recuperar detalles de las zonas que han ido saturándose (Afecta a las estrellas por lo que se protegen con una máscara)

12- Local Histogram equalization .

Aumenta el contraste y la visibilidad de las estructuras de la imagen. (Con máscara de estrellas)

13- Resaltar las zonas oscuras con el scrip dark structure enhance.

Diapositiva 45

14- Controlar ruido con Greycstoration o TGVdenoise

15- Reducir tamaño de las estrellas con una máscara de contorno y morphological transformation.

16-saturación de color

17- enfocar (unsharp mask).

Es conveniente guardar la historia del procesado
NO SIEMPRE REALIZO TODOS ESTOS PASOS. CADA IMAGEN REQUIERE UN TIPO DE PROCESADO

LOS ÚLTIMOS RETOQUES LOS HAGO CON PHOTOSHOP

Diapositiva 46

- PLANETARIA ALTA RESOLUCIÓN (SOL, LUNA Y PLANETAS)

- HAY QUE OBTENER DETALLES DE LA

SUPERFICIE O DE LA ATMÓSFERA

- LA RELACIÓN FOCAL DEBE SER MUY ALTA , F20 , F25,

- LA COLIMACIÓN DE LA ÓPTICA DEL TELESCOPIO HA DE SER PERFECTA.

- HAY QUE ESPERAR A ALCANZAR LA ESTABILIDAD TÉRMICA DEL TELESCOPIO.

- LA RESOLUCIÓN POR PASO DE LA MONTURA DEBE SER MEJOR O IGUAL A LA RESOLUCIÓN ÓPTICA.

(LA AZEQ6 TIENE UNA RESOLUCIÓN DE 0.14 arcseg/pix , Y LA RESOLUCIÓN ÓPTICA CON EL C14 A F22 ES 0,10 arcseg/pix.

¿NECESITO UNA MONTURA MEJOR?).

- OBTENER BUENOS RESULTADOS DEPENDE DEL "SEEING" (VISIÓN).

UN BUEN "SEEING" IMPLICA AUSENCIA DE TURBULENCIAS EN EL AIRE , DESDE EL TELESCOPIO HASTA LAS ALTAS CAPAS DE LA ATMÓSFERA.

HAY POCAS NOCHES CON BUEN "SEEING" EN ESPAÑA (CORRIENTES DE CHORRO).

EL BUEN SEEING SE ENCUENTRA A LATITUDES MÁS BAJAS CERCA DEL ECUADOR Y EN LAS ISLAS MEJORA EL SEEING LOCAL.

-SE UTILIZAN CÁMARAS DE VÍDEO QUE CAPTAN MILES DE IMÁGENES Y SE APILAN Y PROCESAN LAS MEJORES.

- PUEDES COLABORAR CON LOS GRUPOS DE ASTRÓNOMOS PROFESIONALES QUE SE DEDICAN AL ESTUDIO DE LOS PLANETAS