

Fotografiando el infinito

Introducción a la Astrofotografía

Juan Carlos Casado
www.skylook.net

En esta charla realizaremos una aproximación a la Astrofotografía sin recurrir a grandes medios instrumentales, pero fijando unos conocimientos y procedimientos básicos, que permitan adquirir unos recursos suficientemente amplios para su utilización o experimentación.

QUÉ ES LA ASTROFOTOGRAFÍA

La Astrofotografía o fotografía astronómica es el campo de la fotografía aplicada a los diversos objetos y fenómenos celestes.

La Astrofotografía data de comienzos de la era fotográfica, a mediados del siglo XIX. Su uso y desarrollo ha aportado innumerables descubrimientos para la Ciencia, pero también supone un poco conocido apartado de la fotografía con múltiples posibilidades técnicas y estéticas.

Debemos tener en cuenta que el 90% de la información que adquiere el ser humano es visual y la fotografía permite su registro con todo detalle y fidelidad. Pero además la Astrofotografía permite expandir las posibilidades más allá de los límites del ojo, captando detalles o cuerpos invisibles o visualizando fenómenos que suceden a escalas temporales muy diferentes a la nuestra.

La fotografía de muchos objetos celestes está al alcance de cualquier persona que posea un aparato fotográfico corriente que permita exposiciones largas. La

variedad de fotos que se pueden obtener, depende de la calidad técnica del instrumental utilizado, de la experiencia del fotógrafo, de su ingenio para aplicar técnicas y montajes adecuados y de la naturaleza de las películas y del procesado posterior.



La Luna, 1851. Daguerrotipo de J.A. Whipple y G.P. Bond

EL PROCESO ASTROFOTOGRAFICO

El proceso astrofotográfico consta de cuatro apartados relacionados entre sí, necesarios para obtener la imagen final, los cuales exigen un tratamiento y conocimiento propio para alcanzar los mejores resultados:

Sujeto: La fuente de luz que formará la imagen final. El sujeto astronómico, cualitativamente, puede ser muy variado (objetos, fenómenos) y su rango de luminosidades muy extenso (desde el Sol hasta débiles galaxias).

Instrumental y técnicas: El material óptico, mecánico y electrónico para captar el sujeto, así como los procedimientos para su registro. Incluye cámara, objetivos, trípode, accesorios y en niveles avanzados, telescopio, cámaras digitales, monturas ecuatoriales, etc.

Material sensible de captación de la imagen: Puede ser fotoquímico (películas fotográficas) o digital (captadores CCD principalmente).

Procesado: Fotográfico (revelado, positivado) y digital (tratamiento de imagen, composiciones).

EL SUJETO ASTRONÓMICO

Los sujetos astronómicos presentan una serie de características particulares:

- Se encuentran en movimiento constante, pequeño pero sensible (aproximadamente 15° /hora). Este movimiento es complejo aunque determinable, de manera que para fotografiar objetos débiles, que requieren exposiciones largas, sin que no salgan “movidos” hace falta un sistema de seguimiento especial (plancheta o montura ecuatorial) y una adecuada orientación del sistema de seguimiento.
- En general poseen un tamaño aparente pequeño. La medición del tamaño angular de los objetos astronómicos se realiza en grados ($^{\circ}$) y sus submúltiplos: minutos de arco ($'$) y segundos de arco ($''$). Así se puede establecer una clasificación según el tamaño aparente:
 - **Sistema Solar:**
 - Sol-Luna: $\sim 1/2$ ($30'$)
 - Planetas: $< 1'$ ($60''$)



- Cometas: sus colas pueden llegar a decenas de grados. Sin embargo, la mayoría de las veces son invisibles a simple vista y sin apenas colas.
- Asteroides: invisibles a simple vista, presentan el aspecto de una estrella.
- Meteoros: lo que se ve es el rastro luminoso (a veces incluso una explosión con un resto de vapor) de una pequeña partícula sólida que cae a la Tierra: puede alcanzar hasta decenas de grados de longitud.
- Auroras: pueden cubrir todo el cielo visible. Solamente observables desde regiones polares.
- **Fuera del Sistema Solar:**
 - Estrellas y constelaciones: las estrellas son puntos de luz y como tales, no tienen extensión, aunque forman conjuntos de figuras características denominadas constelaciones, que miden decenas de grados.
 - Objetos de Cielo Profundo: pueden ir desde pocos minutos de arco (o menos) hasta varios grados. Son nebulosas, cúmulos de estrellas y galaxias.
- Poseen colores que muestra la película, aunque no se ven.
- Están situados en el infinito fotográfico.
- Poseen una amplia gama de luminosidades, que van desde el Sol hasta estrellas y objetos de cielo profundo débiles, invisibles a simple vista. Los tiempos de exposición para fotografiar los distintos objetos, fenómenos o situaciones se obtiene empíricamente o mediante tablas fotográficas, ya que el exposímetro o fotómetro no sirve en la mayoría de los casos.

INSTRUMENTAL

Cámaras

Aunque cualquier cámara con velocidad de pose (**B** ó **T**) es susceptible de ser utilizada en astrofotografía, la más adecuada y con más posibilidades es una **réfex** de formato 35 mm. Estas cámaras poseen una gama completa de objetivos y accesorios y el tipo de películas es el más amplio del mercado. La calidad que ofrecen es suficiente para cualquier tipo de situación. Conviene que el obturador no esté controlado eléctricamente, ya que las baterías pueden agotarse rápidamente con las exposiciones largas.

Las cámaras digitales presentan características interesantes (visualización inmediata, imagen ya digitalizada, amplia latitud de exposición), pero en los modelos más sencillos el principal inconveniente radica en la imposibilidad de realizar exposiciones largas. Sin embargo es posible realizar varias exposiciones y posteriormente sumarlas, para obtener el equivalente a una exposición más larga.

Objetivos

Los objetivos fotográficos constituyen el “ojo” de la cámara. Para cámaras réfex de 35 mm existe un amplio abanico de posibilidades. Sin embargo en las cámaras digitales sencillas el objetivo es fijo, si bien muchos modelos poseen un pequeño zoom.

Las dos características principales del objetivo son la **focal** y la **luminosidad**.

La focal nos indica el campo angular abarcado por el objetivo y se expresa en milímetros (mm). Según el sujeto astronómico que vayamos a fotografiar elegiremos el objetivo más adecuado. El **campo angular** (para una cámara de 35 mm) se puede calcular con la sencilla fórmula:

$$C (^{\circ}) = (57,3 / F) \times 24 \text{ (lado menor del fotograma)} \text{ ó } \times 36 \text{ (lado mayor del fotograma)}$$

,siendo **F** la focal, en milímetros del objetivo.

La luminosidad establece la “rapidez” del objetivo para captar una escena determinada. Viene indicada por una notación como ésta:

$$1:2.8$$

, donde la cifra “2.8” significa la mayor abertura de lente. El **diafragma** es el dispositivo que permite variar la abertura, es decir, permite regular la cantidad de luz que entrará a través del objetivo hacia la película. La abertura viene expresada en posiciones denominadas **números f** y pueden seleccionarse para controlar la exposición y la **profundidad de campo** (área nítida de la imagen en torno al objeto enfocado).

La correspondencia entre números f y abertura es inversa: cuanto mayor es f menor es la abertura y viceversa. Por lo tanto, a menor número f , mayor luminosidad.

El número f también es importante en Astrofotografía por otra razón. Determina el diámetro de lente que se utiliza, de manera que a mayor abertura captará más estrellas. Las estrellas al ser fuentes de luz puntuales, no dependen del $n^{\circ} f$, sino del diámetro efectivo. Para calcularlo basta dividir la focal del objetivo entre su luminosidad –si no se diafragma- o entre el $n^{\circ} f$ (diafragma) que se utilice. Por ejemplo:

¿Cuál es el diámetro de lente o abertura de un objetivo de 50 mm de focal y luminosidad 1:2, diafragmado a $f/2.8$?

$$D = 50 / 2.8 = 18 \text{ mm}$$

Con el diámetro de lente se puede calcular la **magnitud límite**, que es la estrella más débil que captará el objetivo para una exposición y película determinada.

Como hemos mencionado anteriormente, debido a la rotación terrestre, los astros describen un movimiento aparente circular de Este a Oeste con centros en el polo norte celeste y en el polo sur celeste. Es por ello que si se sobrepasa un cierto tiempo de exposición en fotografías con la cámara fija, los astros no aparecerán como puntos, sino como trazos luminosos más o menos largos. Estos trazos serán más curvos en las cercanías de los polos y rectilíneos en el ecuador celeste. Para calcular el tiempo de exposición “límite”, de manera que no se muestren los astros movidos, podemos emplear la siguiente fórmula:

$$t(s) = 440 / (F \times \cos D)$$

donde **F** es la focal del objetivo en milímetros y **D** la declinación mínima del astro o del campo a fotografiar. Por ejemplo, si se centra la cámara en el polo norte celeste, ($D = 90^{\circ}$) el tiempo de exposición que daría la fórmula sería infinito. Sin embargo, en los bordes de un campo abarcado por un objetivo de 50 mm., habrá astros de declinación $D = 90^{\circ} - (41^{\circ}/2) = 69,5^{\circ}$ y el tiempo máximo de exposición para obtener estrellas puntuales en todo el campo sería:

$$t = 440 / (50 \times \cos 69,5) = 25 \text{ segundos}$$

En la práctica se puede considerar un tiempo de exposición de unos 20 segundos con un objetivo “normal” de 50 mm como el tiempo límite para cualquier zona del cielo, aunque en las regiones ecuatoriales las estrellas se mostrarán elípticas.



Exposición de 4 horas apuntando la cámara al polo norte celeste con un trípode (J.C. Casado).

Accesorios

Mencionaremos los accesorios fotográficos más importantes y básicos.

- ❑ Trípode: Debe ser robusto –por lo tanto pesado-, preferiblemente de aluminio y permitirá el encuadre rápido y fácil tanto en vertical como en horizontal, a cualquier posición, incluida la cenital.
- ❑ Disparador de cable. Será suficientemente largo (alrededor de 50 cm) y con mecanismo de retención para exposiciones largas que permita su uso con una sola mano.
- ❑ Parasol: Para evitar la entrada de luces parásitas oblicuas que pueden velar las exposiciones largas.
- ❑ Filtros: El **skylight** o **UV** como filtro básico de protección. Hay otros filtros especializados como el **antipolución** que permite eliminar en gran medida la contaminación lumínica, mediante precisas “ventanas” en el espectro visual. Los **filtros solares** son imprescindibles para obtener imágenes del astro rey y sus eclipses

CAPTACIÓN DE LA IMAGEN

En el recorrido que hace la luz del sujeto desde su emisión hasta la recepción en el elemento fotosensible (película o captador digital) intervienen una serie de factores que alteran sus propiedades originales. Por supuesto, las condiciones serán menos “críticas” si se realiza fotografía sin telescopio que con éste.

La **dispersión atmosférica** hace que cerca de poblaciones el cielo presente una luminosidad que hace velarse en unos minutos de exposición la fotografía: es la **contaminación lumínica**. Mientras que desde núcleos urbanos se alcanza el límite de velado en un minuto, desde zonas muy oscuras (montañas, desiertos) puede exponerse durante horas sin que el fondo de cielo se vele.



Exposición de 1 minuto con un objetivo de gran campo con la cámara sobre un trípode. Destaca, además del cometa Hale-Bopp, la luz zodiacal, como una vaga luminosidad central en forma de triángulo inclinado y en el horizonte son visibles las luces de diversas poblaciones (J.C. Casado).

La atmósfera hace variar la **transparencia** celeste, de manera que desde un mismo lugar, en noches diferentes, será más oscura que otra. En esto influye notablemente las condiciones climáticas y meteorológicas, como la humedad y el polvo en suspensión.

Asimismo, los objetos situados cerca del horizonte sufren una pérdida de brillo, la llamada **extinción atmosférica**. Esta extinción no es igual para todos los colores del espectro visual, sino que resulta especialmente acusada para las longitudes de onda corta. Esto es lo que produce, por ejemplo, que en las puestas de Sol se vea el disco de color rojizo.

Para focales largas y especialmente para las tomas telescópicas de alto aumento, influye la **turbulencia atmosférica**, el llamado **seeing**. La turbulencia hace que la imagen se mueva constantemente, experimentando distorsiones y borrosidad. En una exposición se suma el conjunto de estos movimientos, que son rápidos (fracciones de segundo), dando como resultado una imagen borrosa y sin detalles.

Asimismo se debe tener cuidado de no producir vibraciones al conjunto cámara-soporte durante la exposición o el comienzo y finalización de ésta. También las condiciones ambientales como el viento pueden afectar al resultado final.

Material sensible

El material sensible lo constituye las películas (fotoquímica) y los sensores electrónicos, especialmente los **CCD** (**C**harge **C**oupled **D**evice en inglés o Dispositivo de Carga Acoplada).

Como en Astrofotografía corrientemente se recurre a exposiciones largas (superiores a 1 segundo), tiene lugar el denominado **Fallo de la Ley de Reciprocidad para Baja Intensidad** (FLRBI) o **efecto Schwarzschild**. El nombre "Fallo de la Ley de Reciprocidad" se refiere a la **Ley de Bunsen-Roscoe (B-R)**, una regla básica de la Fotoquímica.

Esta Ley manifiesta que el producto de la intensidad luminosa del sujeto por el tiempo de exposición es constante; en términos prácticos, para fotografiar un mismo sujeto se cumple lo siguiente:

$$1/500 \text{ segundo @ } f/5.6 = 1/60 \text{ segundo @ } f/16$$

Pero en larga exposición esta igualdad (o constancia) no tiene validez y entonces se produce un "fallo" en la Ley B-R:

$$1/15 \text{ segundo @ } f/2 \quad 8 \text{ segundos @ } f/22$$

Lo que pasa es que se produce una **pérdida de sensibilidad** con la larga exposición y hay que aumentar el tiempo de exposición. En astrofotografía de objetos débiles, que necesitan largas exposiciones, la FLRBI puede ser un problema importante, pues esta pérdida aumenta con el tiempo de exposición y las exposiciones pueden llegar a muchas horas. Además con película en color se producen variaciones extrañas del color debido a que la película en color está formada en realidad por tres capas de película y cada una reacciona diferente al FLRBI.

En los dispositivos electrónicos, como cámaras digitales y CCD, no se produce el FLRBI.

ASTROFOTOGRAFÍA SIN TELESCOPIO

En contra de lo pudiera parecer la astrofotografía sin telescopio ofrece amplias posibilidades de investigación y estéticas.

- **Sin seguimiento.** Es decir, utilizando un trípode. Los sujetos que se pueden captar son:
 - Sol y Luna. Sobre todo el interés estético aumenta cuando están situados a baja altura sobre el horizonte. Es mejor fotografiarlos con objetos, que den profundidad, equilibrio y dimensión a la imagen. Para ello es conveniente utilizar los modelos áureos (regla de los tercios, véase charla "**LA MIRADA FOTOGRÁFICA: la composición**").



Fases del eclipse parcial de Sol del 12 de octubre de 1996 sobre la bahía de San Sebastián. Para las imágenes del Sol se utilizó un pequeño teleobjetivo con filtro solar y para el fondo, un objetivo gran angular (J.C. Casado).

- Trazos de estrellas. Ya sabemos que a partir del tiempo límite comenzarán a mostrarse movidas. La forma de esta trayectoria cambiará según su orientación en el cielo y su longitud será directamente proporcional al tiempo de exposición. También mostrarán colores, que dependen de la temperatura superficial de las estrellas: las más frías de color rojizo y las más calientes, azuladas. Una imagen muy llamativa se obtiene cuando se apunta el objetivo hacia el polo celeste (norte o sur), apareciendo lo que se denomina el “túnel de estrellas”, es decir, la rotación del cielo en torno a este punto. Se pueden desenfocar las estrellas gradualmente, a determinados intervalos de exposición, de manera que mostrarán con toda claridad sus colores. También se pueden realizar trazos de la Luna o de planetas brillantes.
- Conjunciones. Son aproximaciones aparentes entre planetas y estrellas brillantes o con la Luna, produciendo cuadros de gran belleza estética si se fotografían desde parajes naturales con algún primer plano como un árbol. Lo ideal es fotografíarlos a las horas crepusculares, cuando en cielo muestra una degradación de colores hasta el horizonte.
- Constelaciones. Con el tiempo de exposición límite se verán puntuales, como a simple vista, aunque se puede prolongar unos segundos más para captar más estrellas, sin que las imágenes estelares se deformen mucho.
- Caza de meteoros, paso de satélites artificiales. Conviene utilizar objetivos muy luminosos y gran angulares. Los meteoros pueden ser de tipo esporádico, que aparecen de manera imprevista o en “lluvias” anuales, algunas de las cuales como las de las Leónidas pueden ser

espectaculares. Para los satélites artificiales existen páginas web donde se pueden obtener las previsiones para su observación.

- Cometas brillantes. Se trata únicamente de cometas visibles a simple vista, muy poco frecuentes, pero que pueden resultar espectaculares.



El cometa Hale-Bopp al anochecer fotografiado con un objetivo normal de 50 mm, f/1.4 y 22 segundos de exposición con la cámara sobre un trípode (J.C. Casado).

- Eclipses. En los de Sol hay que utilizar los métodos de filtraje aconsejados y tener en cuenta su pequeño tamaño aparente. Para los eclipses de Luna, además, se puede dejar a ésta en exposición, de manera que se mostrará un trazo que experimentará alteraciones de brillo y color según la fase del eclipse.
 - Auroras y resplandores aurorales. Espectaculares desde regiones polares, son prácticamente invisibles desde latitudes medias. Pueden ocupar todo el cielo visibles y cambiar de aspecto y colores en segundos.
 - Luz zodiacal. Claridad visible al anochecer en invierno y primavera hacia el horizonte oeste y en otoño al amanecer hacia el Este. Es debida al polvo interplanetario y exige lugares muy oscuros, sin contaminación lumínica.
- **Con seguimiento:**
- **Plancheta ecuatorial.** Es un sencillo aparato de fácil construcción que permite compensar la rotación terrestre y realizar exposiciones de minutos con las estrellas puntuales.
 - **En paralelo.** Consiste en colocar la cámara sobre un telescopio con montura ecuatorial, mediante una plataforma, rótula u otro

sistema de sujeción y emplear el telescopio como guía, bien sea manualmente o mediante un sistema de seguimiento automático.



La galaxia de Andrómeda (M31) fotografiada con un teleobjetivo de 300 mm, f/2.8 y 8 minutos de exposición con la cámara en paralelo sobre un telescopio con montura ecuatorial (J.C. Casado).

Además de todos los tipos de astrofotografías que se pueden obtener en el apartado anterior, la astrofotografía con seguimiento permite captar multitud de estrellas débiles, objetos de cielo profundo, mayor longitud en las colas de los cometas, mayor detalle en las fases totales de eclipses, etc. En definitiva, amplía las posibilidades de la astrofotografía.

ASTROFOTOGRAFÍA CON TELESCOPIO

Solo abordamos esta apartado a título informativo, puesto que su desarrollo sale fuera de los ámbitos de esta charla, destinado a una Introducción a la Astrofotografía.

El telescopio permite captar con mucho detalle todo tipo de objetos astronómicos, pero en función de su luminosidad y tamaño aparente, las técnicas e incluso el tipo de telescopio puede variar enormemente. Por ejemplo, no es lo mismo fotografiar el Sol que una galaxia. Para el caso del Sol se necesita un filtraje especial e incluso es conveniente un telescopio dedicado a esta tarea, que no es necesario que sea grande. En cambio para fotografiar las débiles galaxias cuanto más grande sea el telescopio, mejor.

La **montura** es el sistema mecánico sobre el que se apoya y se mueve el telescopio, con los requerimientos de precisión que se necesitan. Cuando más sólida y pesada, mejor, pero como inconveniente hay que señalar su menor transportabilidad. Básicamente existen dos tipos de monturas: la **acimutal** y la **ecuatorial**.

La acimutal es un tipo de montura sencilla no apta para astrofotografía de larga

exposición. Una alternativa barata es la montura **Dobson**, en la que los movimientos se consiguen a mano por fricción mediante pastillas de teflón.

La montura ecuatorial permite todo tipo de astrofotografía, tanto a través de la óptica del telescopio como en paralelo. Necesita una correcta orientación al polo celeste. Sin embargo, a medida que se fotografía con mayor focal los requerimientos de precisión y solidez de la montura aumentan. Las más sofisticadas poseen controles de movimientos para velocidades variables, orientación y corrección de seguimiento por ordenador, etc

Las monturas pueden ser con apoyo a tierra de columna (instalación fija) o de trípode.



Imágenes tan espectaculares como esta de la Luna casi llena, se pueden hacer simplemente sosteniendo una cámara digital junto al ocular de un telescopio (J.C. Casado).