

La fotografía astronómica ofrece unas particularidades muy especiales que la convierten en una actividad bastante frustrante si no se tienen en cuenta:

La principal y más obvia es la oscuridad. La débil luminosidad del cielo obliga a que tengamos que alargar el tiempo de exposición para que la película fotográfica vaya acumulando la luz. Con cualquier cámara, utilizando tiempos de exposición normales (de fracciones de segundo) el único resultado que obtendremos será una imagen completamente negra, a excepción de si fotografiamos la Luna, y ésta aparecerá muy pequeña si no empleamos un objetivo de gran distancia focal.

Sin embargo, el hecho de tener que alargar el tiempo de exposición para empezar a observar algún detalle en las imágenes, topa con un grave obstáculo: el cielo se mueve y la imagen, por tanto, sale movida. En realidad es la Tierra quien se mueve rotando sobre su eje y no el cielo. Esto implica que para tiempos de exposición superiores a unos 3 minutos necesitaremos de algún sistema que mueva la cámara compensando la rotación terrestre, bien sea manualmente o con un motor eléctrico, siempre que dispongamos del soporte adecuado.

De momento veremos qué podemos hacer simplemente con una cámara, e iremos avanzando en las técnicas, el equipamiento necesario y los resultados que podremos obtener según el caso.

La cámara



Cámara compacta digital Pentax



Cámara compacta acoplada a telescopio mediante digiscope según método afocal



Webcam con objetivo desenroscable y adaptador para portaocular

Actualmente casi todos tenemos una pequeña cámara digital. El uso de estas cámaras compactas es sin embargo muy limitado para la astrofotografía, ya que no se pueden acoplar a ningún sistema óptico. Las cámaras digitales compactas incorporan un pequeño objetivo zoom que no se puede separar del conjunto, y eso es lo que impide que las podamos acoplar a un telescopio. Hay sin embargo una posibilidad, que es el "digiscoping". Esta agresión al idioma viene de un invento llamado Digiscope, que es un brazo articulado que permite colocar una cámara delante de un ocular, como si de nuestro ojo se tratara, lo que permite enfocar cómodamente y lo que es más importante, mantener firme la cámara durante el tiempo de exposición. Si no usamos este brazo, no tendremos otra que sostener la cámara a pulso, lo que implica grandes problemas para conseguir enfocar y la necesidad de buena mano para que la imagen no quede movida. A este método de fotografía se le llama *afocal*.



Réflex digital Canon 350 D

En cuanto al tiempo de exposición, la inmensa mayoría de las cámaras digitales compactas no dan mucho juego. En algunas habrá que usar el modo nocturno, que lo alargará durante algunos segundos en función de la marca y modelo. En otras, en el modo manual seleccionaremos nosotros mismos la cantidad de tiempo a aplicar, que también se verá limitada a unos pocos segundos. De cualquier manera, será poco tiempo el que podamos dar.

Por estos factores, las digitales compactas se puede decir con rotundidad que no valen para astrofotografía de cielo profundo. El digiscoping nos va a permitir sin embargo hacer alguna toma lunar o planetaria, pero con resultados de mucha menos calidad de la que podríamos conseguir mediante una sencilla webcam, por lo que ni siquiera en este campo son recomendables (aunque esta vez sí es perfectamente viable conseguir imágenes).



Cámara CCD Sbig STL-11000M-C2 autoguiada, formato 35 mm.

Y es que lo de las webcam es un invento. Os explico de qué va el asunto:

Necesitamos una webcam de algún modelo que permita desenroscar el pequeño objetivo con la óptica. Lo siguiente que necesitamos es un adaptador que la fije al portaocular del telescopio. Para algunos modelos se comercializan adaptadores de plástico, pero es fácil hacerse uno. Usaremos la funda de un carrete de fotos, cuyo diámetro exterior está estandarizado y coincide exactamente con el de los oculares. Se le perfora el centro del fondo, y se pega cuidadosamente para que el adaptador quede perpendicular al pequeño sensor de luz de la webcam.

Con esto podemos acoplar ya la webcam al telescopio. Enfocaremos moviendo el enfocador de éste, y grabamos un video. El video lo abrimos con el Registax, que va a hacer maravillas con él. Separa los fotogramas, los clasifica según su calidad, los alinea y los promedia, de forma que la imagen resultante es de mucha mayor calidad que cualquier fotograma suelto. En palabras un poco más técnicas, se mejora la relación señal/ruido enormemente. Al alinear los fotogramas, implica que no necesitamos corregir la rotación terrestre mientras grabamos, lo que abarata aún más el presupuesto. Es la mejor manera que tenemos hoy en día los aficionados para conseguir imágenes lunares y planetarias, y además, la más barata.

Pero de momento seguimos sin poder hacer fotografías del firmamento, ni de cuerpos débiles que requieran una exposición larga. Para ello la cámara debe ser réflex, es decir, con el objetivo desenroscable. A las cámaras réflex digitales se las llama también DSLR. Este tipo de cámara es de hecho la más utilizada por los aficionados debido a su buena relación calidad/precio. Se trata de un sector en constante renovación, pero de momento Canon es la marca que claramente se destaca del resto para nuestros fines. Esta diferencia la determina el bajo nivel de ruido que se obtiene en las exposiciones largas, muy inferior al conseguido por otras marcas.

Con una DSLR tenemos una ventaja primordial. La imagen que vemos por el visor es exactamente la que vamos a fotografiar. Por eso, si se retira el objetivo a la cámara, la podremos acoplar directamente al telescopio y podremos enfocar moviendo el enfocador de éste, lo que llamamos *método a foco primario*. En segundo lugar, estas cámaras permiten exposiciones de más de 5 minutos en algunos casos, y en su mayoría, de tiempo indefinido. Para fotografía de constelaciones con unos 30 segundos bastará, pero si queremos obtener detalles nebulares o galácticos, es decir, una buena fotografía, habrá que subir ese tiempo.

La técnica que se lleva a cabo con estas cámaras busca contrarrestar un defecto de toda fotografía digital: el ruido. El ruido se manifiesta en una imagen como una granulación irregular, y está motivado en su mayor parte por el calentamiento del sensor que se origina al alargar las exposiciones. Pero el ruido es en un elevado porcentaje aleatorio, es decir, que no afecta a los mismos píxeles en dos imágenes. Por eso, si promediamos varias imágenes del mismo tiempo de exposición, conseguimos que los píxeles que se repiten en todas (los que contienen la información real del objeto fotografiado) se mantengan mientras que el ruido se va diluyendo, con cuantas más imágenes mejor, de forma que así conseguimos incrementar la relación señal/ruido de una imagen.

Por último, el mejor tipo de cámara para astrofotografía es la CCD. Las cámaras CCD son cámaras digitales especiales para uso astronómico, que enfrían el chip CCD para que no introduzca errores de ruido cuando los tiempos de exposición se alargan. Suelen

ser monocromas, por lo que las imágenes en color se realizan como mínimo por triplicado, una por cada color RGB (rojo, verde y azul, *red, green, blue* en inglés), usando con cada toma el filtro RGB correspondiente, y mezclándolos posteriormente con programas de tratamiento digital de imágenes. Una característica importante de las CCD es el tamaño en píxeles del chip, que por lo general es bastante limitado. Esto hace que para fotografiar cuerpos de tamaño aparente elevado tengamos que realizar un mosaico. El precio de estas cámaras las convierte en un lujo al alcance de pocos, aunque podemos encontrar alguna variante sencilla, digamos que de iniciación, por unos 400 € en color y con una calidad bastante buena. A modo de ejemplo entre éstas se encuentran las Atik y la DSI de Meade. En realidad estas pequeñas CCD se pueden fabricar a partir del chip de una webcam, modificándolo mediante ajustes electrónicos para permitir capturas de larga exposición. Sin embargo, como siempre pasa, las CCD de calidad puntera se mantienen a precios elevados.

Fotografía sólo con la cámara

Si tu cámara permite alargar el tiempo de exposición indefinidamente, tienes dos posibilidades. Sólo con que tengas el cable disparador (unos 6 €) puedes dedicarte a tomar fotografías circumpolares o de trazos estelares, de larga exposición, en las que orientas la cámara hacia la estrella Polar, obteniendo una imagen de los trazos curvos que las estrellas dejan alrededor del polo, o a fotografiar lluvias de meteoros. Además tendrás unos primeros minutos de exposición en los que no se llegará a distinguir el trazo de las estrellas, tiempo que variará según el objetivo que utilices, lo cual te permitirá obtener imágenes de las constelaciones. Es muy recomendable utilizar un trípode, cuanto más sólido mejor para evitar vibraciones por el viento.



Si ni siquiera tienes intención de comprar el cable disparador, puedes evitar las vibraciones con el método de la cartulina, que consiste en tapan el objetivo con una cartulina (o similar) de color negro mate, que retiraremos un rato después de haber pulsado el disparador de la cámara, esperando que deje de vibrar, y que volveremos a colocar antes de terminar la foto. Este método también se aplica en fotografía con telescopio, tapando la boca de éste.

Fotografía en paralelo o "piggyback"



Consiste en colocar la cámara sobre algún tipo de dispositivo con un motor que realice el seguimiento, que normalmente es sobre el propio telescopio o su montura. Todas las cámaras llevan en su parte inferior una rosca para el trípode, que en nuestro caso usaremos para colocarla en paralelo. Así podremos hacer tomas de muy larga exposición sin que aparezcan los molestos trazos de las estrellas, siendo éste el mejor método para fotografiar constelaciones, la Vía Láctea e incluso las mayores nebulosas, como el Cinturón de Barnard, la región de la estrella Rho de Ofiuco, etc. Hay que tener en cuenta no obstante que, si la montura no está alineada con el polo, el seguimiento será desastroso, por lo que deberemos dedicar todo el tiempo necesario a precisar esta alineación. Además, deberemos tener en cuenta posibles desequilibrios de peso en el sistema telescopio-montura cuidando que el centro de gravedad se sitúe centrado sobre la base de la montura. Si no, el motor actuará la mayor parte del tiempo tratando de vencer el peso en vez de consiguiendo el movimiento adecuado. Para evitar esto, tendremos que situar pesas a la distancia adecuada en el caso de monturas

alemanas, o tratar de liberar peso de alguna manera. En este sentido puede llegar a ser importante el peso de la cámara. En todo caso, la mejor manera de asegurarse del buen seguimiento es proceder a realizar el control de guiado, de la manera que veremos más adelante.

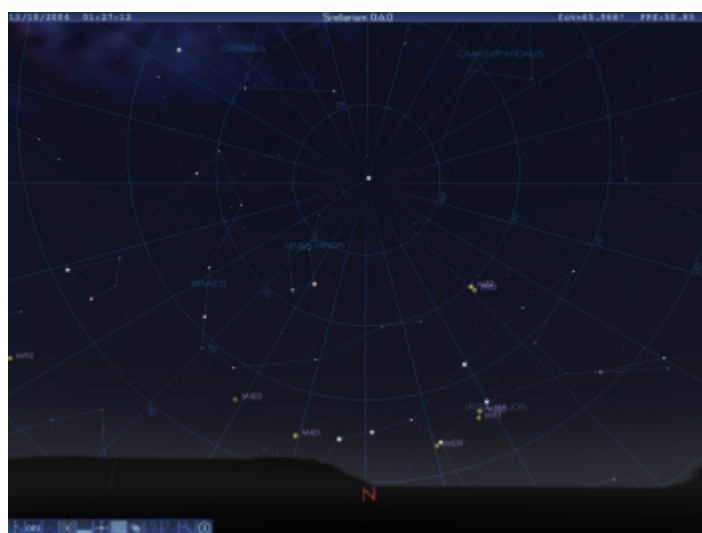
Existen varios tipos de telescopios según su sistema óptico. Sin embargo, el tipo de telescopio que empleemos no es determinante a la hora de realizar fotografía astronómica, aunque sí lo será el tipo de montura sobre la que lo apoyemos y movamos. Dado que es necesario realizar el seguimiento del cielo, necesitaremos una montura ecuatorial, además con motor como mínimo en el eje de ascensión recta, aunque es altamente recomendable que también se motorice en declinación.



Los telescopios de iniciación son normalmente del tipo refractor, de pequeño diámetro (60 ó 70 mm) y una distancia focal de unos 800 mm, sobre trípode normal y corriente sin más, que por cuyo movimiento horizontal y vertical llamamos altacimutal. El precio de un telescopio de este tipo se encuentra por los 100 €. A pesar de ser un buen comienzo en la astronomía, no nos sirven para hacer fotografía salvo que su montura sea ecuatorial, con lo cual el precio puede ascender, en principio no más de 30 € si no va motorizada (siguen sin servir) y ya saltamos a precios más elevados cuando incorporan motor, aunque asequibles. Así podremos hacer fotos de la luna y los planetas con bastante buena calidad, pero por su escaso diámetro no nos ofrecerán buenos resultados con cuerpos de cielo profundo.



Movimientos de una montura altacimutal, en horizontal y vertical respecto al suelo. Son distintos a los del firmamento, por lo que tenemos un problema para hacer seguimiento.



Movimientos de una montura ecuatorial, según los ejes de rotación terrestre. Los círculos concéntricos al polo representan la declinación, y las líneas perpendiculares la ascensión recta.

El sistema óptico de los telescopios refractores es quizá el más familiar, y se compone de una lente convergente que focaliza la imagen en un punto, donde colocaremos el ocular para mirar. Su principal problema es el elevado coste para diámetros superiores a 80 mm, aunque si nos podemos permitir salvarlo, sin duda estaremos hablando de un magnífico telescopio.

Si necesitamos un diámetro relativamente elevado, es mucho más barato decidirse por un telescopio tipo reflector, o tipo Newton, en el que la luz penetra por el tubo óptico sin alteraciones hasta que llega a su fondo, donde se coloca un espejo parabólico, o primario, que será el

que se encargue de focalizar la imagen. Dado que si no desviamos el cono de luz resultante nuestra propia cabeza al observar taparía la entrada de luz, lo desviamos 90° colocando un espejo plano a 45°, y practicamos un agujero en el lateral del tubo óptico

para poder colocar el ocular. El espejo plano, o secundario, se sujeta a las paredes del tubo óptico con unos brazos metálicos lo más delgados posible, formando un conjunto que llamamos araña. La araña realmente está obstruyendo el paso de la luz, pero el incremento de diámetro que podemos alcanzar nos compensa. El problema de la obstrucción de la araña se evidenciará más en los reflectores de relación focal menor de 5, en los que será difícil enfocar sin ver los reflejos de sus brazos. Además, no interesarán diámetros menores de 100 mm porque considerando esta obstrucción los refractores de pequeño diámetro ya comentados dan una mejor imagen.

Un inconveniente de los reflectores es que, al quedar abierto el tubo óptico, se producen turbulencias en el aire por las diferencias de temperatura con el exterior, lo cual nos puede imposibilitar hacer fotografías de los planetas en las que utilizaremos grandes aumentos. Para mejorar el resultado es conveniente esperar unos 15 minutos desde que abrimos la tapa del telescopio hasta que empecemos a fotografiar, dando tiempo a que se iguale la temperatura del aire del tubo óptico a la exterior. Los refractores no tienen este problema.

Otro tipo de telescopio es el Schmidt-Cassegrain, que combina elementos de los refractores y los reflectores. Su óptica es bastante compleja, pero como resultado tenemos que el tubo óptico está cerrado por una lente al paso de aire, y aunque tenemos un espejo central que nos obstruye también la entrada de luz, éste no se sujeta con brazos, sino directamente a esta lente, por lo que no tendremos el problema de enfoque. Normalmente son telescopios de focal muy larga ya que la luz hace un recorrido bastante largo dentro del tubo óptico, reflejándose dos veces en su interior. Quizá os aclare más el croquis de al lado. Son telescopios menos luminosos que los reflectores, aunque su imagen es mucho más estable. Su precio también es mucho más elevado. Para observar muchos cuerpos de cielo profundo será obligado utilizar un reductor de focal. Su principal problema es que al enfocar la imagen se actúa directamente sobre el espejo primario, que no tarda en acabarse descolimando.

Acoplar la cámara al telescopio

En el caso de las cámaras réflex tradicionales, necesitaremos desacoplar el objetivo del cuerpo de la cámara, ya que lo que en realidad pretendemos es que el telescopio haga las funciones de un super-objetivo. Para acoplar el cuerpo de la cámara al portaocular del telescopio necesitaremos de dos piezas. Una de ellas es un adaptador fotográfico que por un extremo consiste en un tubo del mismo diámetro que el portaocular (1,25 pulgadas) y por el otro una rosca. La otra pieza se llama aro T/2, y depende del modelo de cámara que utilicemos. Por un lado enroscará a la rosca del adaptador fotográfico, y por otro al cuerpo de la cámara. Al comprarlo deberemos tener en cuenta si la cámara es de rosca o de ballesta, aunque es imprescindible llevar la cámara para comprobar el ajuste. Una vez conseguido el acoplamiento de esta manera, estaremos en disposición de hacer fotografía "a foco primario", como así se llama este sistema.



Quizá nos interese conseguir más aumentos de los obtenidos con el método a foco primario. En este caso necesitaremos recurrir al método de "proyección de ocular", en el cual colocaremos un ocular entre la cámara y el telescopio. Para ello necesitaremos una pieza con forma tubular que enroscará por un lado al adaptador fotográfico y por el otro al aro T/2, y que alojará en su interior el ocular deseado. Esta pieza se conoce como *teleextender*.



Teleextender para proyección de ocular



Ocular insertado en el adaptador



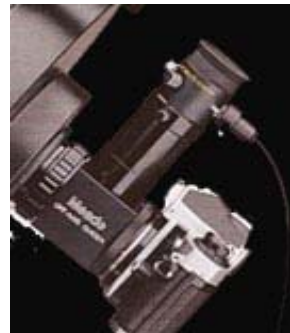
Cámara equipada para fotografía por proyección de ocular

Si nuestra cámara es réflex digital, debemos ser muy cuidadosos a la hora de separar el objetivo y colocar el adaptador. Durante el tiempo en que tengamos abierta la cámara, tendremos que evitar cualquier entrada de polvo ya que quedaría pegado al chip y después saldría en las imágenes. Por mucho que no queramos al cabo del tiempo suele venir bien una limpieza de la placa. Lo mismo sea dicho para el caso de las webcam.

Guiado del seguimiento

Por supuesto, los resultados mejoran drásticamente si conseguimos de alguna manera corregir sobre la marcha los errores de seguimiento. Tradicionalmente existen dos métodos.

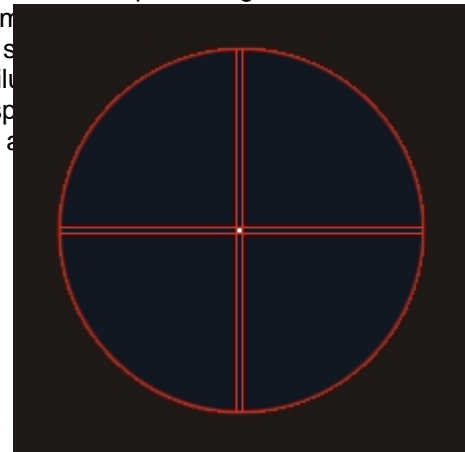
Quizá el más sencillo sea el de acoplar al portaocular del telescopio una guía radial fuera de eje (cuesta unos 200 €), que consiste en un pequeño espejo delante de la cámara de fotos que desvía la luz que recoge 90°, para que así se pueda colocar un ocular con retículo iluminado. El espejo resta aproximadamente un 10% de luminosidad a la imagen final. El problema de las guías radiales fuera de eje es que si el cuerpo a fotografiar es muy débil o muy difuso no podremos verlo por el ocular, y el juego de desplazamiento que permiten para tratar de apuntar a una estrella cercana es muy pequeño.



La otra forma de guiar el seguimiento es acoplando otro telescopio al principal, lo que se llama "en paralelo", aunque realmente no hace falta que los ejes de los telescopios sean paralelos como ahora veremos. El telescopio guía deberá tener una distancia focal similar a la del principal, aunque su diámetro no es necesario que lo sea. Se colocará sobre el principal con la ayuda de dos aros, bastante más grandes que el tubo óptico del telescopio guía, que permitan el movimiento suficiente para que así se pueda alinear con una estrella brillante cualquiera de los alrededores del cuerpo a fotografiar. De esta manera, aunque el objeto a fotografiar sea muy débil, se puede fijarnos en una estrella brillante que nos sirva de guía. También se necesita un ocular con retículo iluminado, aunque con unos 200 aumentos para que cualquier desplazamiento sea rápidamente visible. En general, serán necesarios unos 200 aumentos para que cualquier desplazamiento sea rápidamente visible.

que se estén utilizando para fotografiar.

Se pueden mejorar cualquiera de los dos métodos de guiado acoplando, en vez del ocular con retículo iluminado, una videocámara digital o una webcam, conectadas a un monitor, que den la imagen sin ningún retardo, es decir, en tiempo real. Colocaremos pegado al monitor un papel transparente o mejor de acetato, con una cruz dibujada, que centraremos sobre la imagen de la estrella guía. Así ganaremos en comodidad y en precisión.



Para hacer fotografías con mi telescopio suelo seguir el siguiente orden lógico, que puede llevar un buen rato de preparación, dependiendo de la práctica:

1. Con un ocular puesto, centrar con el telescopio principal el campo a fotografiar, con el motor encendido.
2. Probar la configuración de movimientos de la regleta con la que controlamos el motor.
3. Fijarse en la posición del campo en el retículo del buscador, para recordarla después.
4. Con el telescopio guía, elegir la estrella más brillante de los alrededores.
5. Comprobar que el telescopio principal sigue centrado en el campo.
6. Sustituir el ocular por la cámara.
7. Enfocar la cámara. Si no hay estrellas brillantes y no se puede, habrá que desplazar el telescopio hasta encontrar una, enfocar y después recuperar con el buscador la posición original del campo que habíamos memorizado. Lo malo es que habrá que volver a localizar una estrella brillante con el telescopio guía. Enfocar a foco primario sin Barlow es más fácil.
8. Girar la cámara en el portaocular buscando el mejor encuadre.
9. Comprobar una vez más que la estrella guía no se haya movido del centro del retículo iluminado.
10. Empezar la foto rápidamente, y a guiar.

En el caso de fotografía planetaria y lunar con webcam, como ya comentamos anteriormente, no es ni siquiera necesario el hacer seguimiento, aunque sí recomendable ya que podremos grabar videos más largos que proporcionarán una mejor relación señal/ruido.

Los mejores resultados se alcanzan haciendo autoguiado. El autoguiado es la corrección del movimiento de la estrella guía mediante un software que da las órdenes pertinentes a la montura. Para ello ésta debe estar computerizada. Es un sistema que de momento ni tengo ni he visto en persona utilizar, por lo que prefiero sólo comentaros que existe, sin entrar en detalles para no equivocarme. Me perdonaréis por esto.

Podemos decir que la fotografía astronómica no requiere unos amplios conocimientos previos, sino más bien tener muy claras unas cuantas nociones, y que los resultados dependerán esencialmente de la práctica. El desarrollo actual de las cámaras digitales entre otros elementos está haciendo que la fotografía astronómica sea una afición al alcance de muchas personas, lo que hasta hace bien poco era complicado. Además, los resultados que un aficionado puede conseguir con presupuestos modestos han mejorado de manera increíble si los comparamos con los de hace pocos años. Sin embargo las mejores imágenes no penséis que se consiguen con el mejor telescopio y la mejor cámara: se consiguen con el mejor tratamiento posterior. En eso está la clave, pero eso es otra historia...