

26a

CONVENCIÓN DE ASTRONOMÍA



SABADELL
14, 15, 16 MARZO
2025

Más allá de la observación, promoviendo la colaboración PRO-AM

Corrección de gradientes con las herramientas de última generación en PixInsight

Vicent Peris i Alicia Lozano

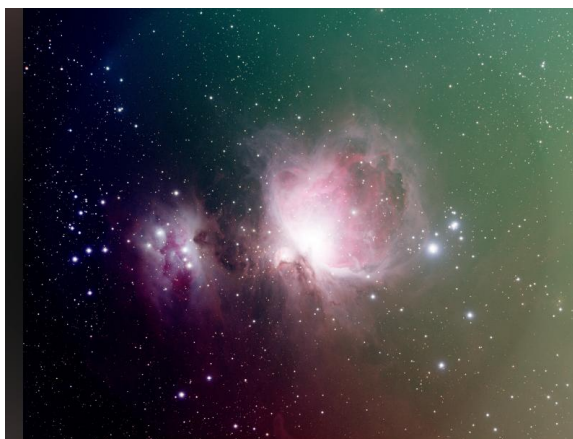


Hoy os vamos a hablar de un tema que todavía tenemos en desarrollo, porque es un nuevo método de corrección de gradientes en PixInsight, que se basa en una metodología puramente observacional. Se diferencia por completo de los métodos que existen hasta ahora de corrección de gradientes.

Los que no hagáis fotografía seguro que también sabéis que las imágenes que nosotros adquirimos del cielo

tienen unas características muy especiales. Una de ellas es que tenemos que forzar mucho el contraste de la imagen y eso hace que cualquier desigualdad en la iluminación provoque artefactos que en una fotografía diurna no se ven, pero que, en astrofotografía, la mayor parte de las veces, estos gradientes son el componente que determina la profundidad de nuestras imágenes más allá del tiempo de exposición.

Si tenemos una imagen como ésta, por muchas horas de exposición que tenga, al final lo que va a pasar es que, si le aplicamos una corrección de gradientes, pero esa corrección de gradientes es imperfecta, tendremos que oscurecer la imagen hasta un nivel en el que esos artefactos no sean los que dominen la imagen. Porque nosotros no queremos transmitir una imagen llena de artefactos. Lo que queremos es transmitir lo que hay en el cielo y no unos efectos puramente instrumentales.



Por tanto, si tenemos que oscurecer la imagen para que no nos aparezcan los residuos de gradientes, al final lo que tenemos es una imagen donde las zonas más débiles de las nebulosas o de los objetos que fotografiamos no se verán. Si conseguimos, con los mismos datos, una corrección de gradientes mejor, podremos iluminar más la fotografía sin que esos artefactos estorben al espectador.

Este problema es capital en la astrofotografía. La técnica que os voy a contar hoy se basa en un método que desarrollé hace cinco años simplemente porque yo tuve la necesidad de encontrar una solución en mis fotografías. Mi contribución en el equipo de PixInsight ha sido siempre igual durante los últimos 20 años. Yo hago fotos, tengo unas necesidades, el software no cumple con esas necesidades, yo ideo mis propios métodos y se implementan en el software. Y así es como se ha ido haciendo y diseñando PixInsight.

La primera imagen en la que yo necesité esta técnica es esta: una nebulosa planetaria. Esto es una foto realizada con 50 cm. Aunque esa fotografía tiene unas 120 horas de exposición, lo que vemos aquí son solo unas 10 horas que se corresponden con los filtros de banda ancha, RGB.



Su función era mostrar los cirros galácticos y las galaxias de fondo, y tener una buena representación de los colores de las estrellas. La nebulosa se puede ver pero quería tener una buena representación de todos esos objetos extensos en banda ancha y estaba todo contaminado por gradientes.

Esto está hecho desde un cielo de magnitud 21,7. Por muy buen cielo que tengamos, siempre vamos a tener gradientes. Yo apliqué las técnicas tradicionales, que se basan en poner muestras donde nosotros creemos que tenemos áreas de la imagen solo con fondo lúcido, sin objetos extensos.

¿Cuál es el problema? La corrección parece que ha ido bien, pero todas estas variaciones de color no me dejaban satisfecho. Me quedaba con la duda de si eran propias de la nebulosa o eran simplemente gradientes residuales.

Así que mi idea fue utilizar otro telescopio, pero de un campo mucho mayor. El telescopio de antes tiene más de tres metros de focal, y este son 400 milímetros de focal, es un teleobjetivo de Canon.



Se puede ver la nebulosa pequeñita. Mi idea fue que, aunque aquí haya gradientes y los corriamos incluso con la metodología clásica de muestras, a nivel local esta imagen no tiene gradientes. Aunque tengamos mucha menos señal y muchísima menos resolución, en el cuadradito que ocupa la nebulosa, al ser minúsculo, no tiene gradiente. Por tanto, si comparamos la imagen del telescopio de campo estrecho con la imagen de campo ancho, podemos anular los objetos que hay dentro y sacar los gradientes.

¿Cuál es el resultado? Lo podéis ver en la siguiente imagen. Con este método conseguimos una imagen mucho más uniforme, lo cual nos muestra que la metodología tradicional dejaba residuos en el objeto que no se correspondían con variaciones de brillo y color reales.



Después de un tiempo desarrollando este método, se nos ocurrió: ¿por qué no generalizamos esto? Porque yo tengo mis dos telescopios, pero no podemos asumir que cada usuario de

PixInsight vaya a tener dos telescopios fotografiando lo mismo y haciendo todo el trabajo a mano. ¿Por qué no generalizamos este método y, en vez de tomar una foto de este campo en concreto, tomamos una foto de todo el cielo entero?

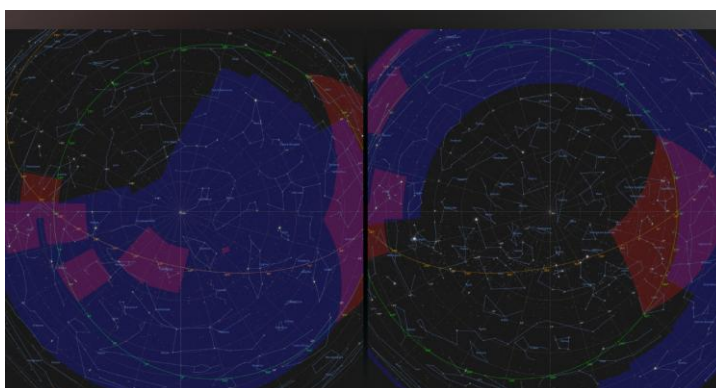
De esa forma, si tenemos una fotografía de todo el cielo a baja resolución, podríamos tener una referencia externa y mucho más objetiva para la corrección de gradientes de todos nuestros usuarios. Y ahí es donde nace lo que nosotros llamamos el *multiscale all-sky reference survey*, o en español, el mapeo de todo el cielo de una referencia multiescala.

Nosotros lo que hemos hecho es hacer un mapa de todo el cielo. Nos hemos ido a buscar en un cielo oscuro. Hemos colocado un equipo en remoto, en Erpio, en Astro Camp. Tenemos una montura, dos cámaras CMOS con objetivos de 35 milímetros con todos sus filtros (LRGB, hidrógeno y oxígeno 3).



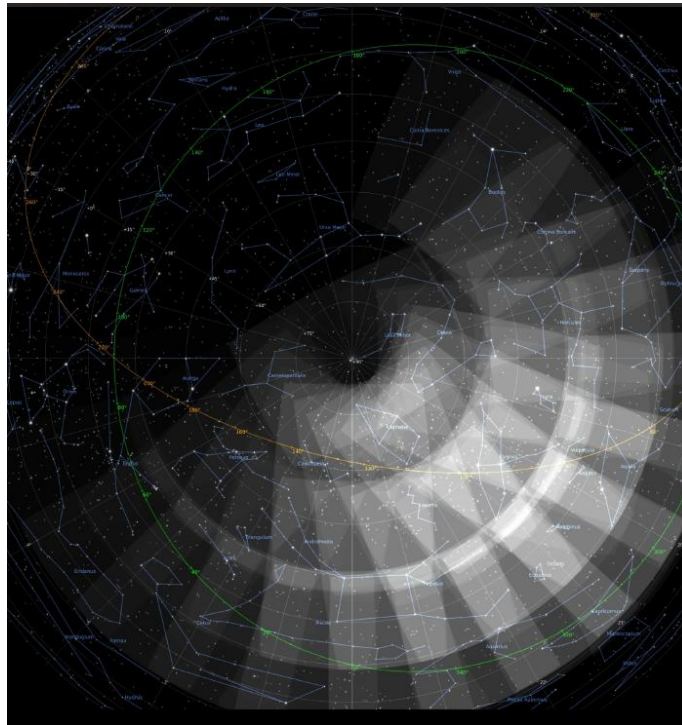
Con ello, lo que hemos hecho es una base de datos enorme del hemisferio norte y sur. En la imagen, la parte en azul es el cielo que tenemos cubierto hasta la fecha (la imagen corresponde a septiembre del año pasado, hoy en día tenemos cubierto ya casi todo el hemisferio norte). Nuestra idea es estar alrededor de dos años para darle una doble pasada a todo el cielo y después empezaremos con el cielo del sur.

Las zonas que están en rojo y que algunas se superponen es porque también hemos pedido a los usuarios que tengan imágenes de campo amplio que nos suban sus datos. Los revisamos manualmente, los supervisamos y, si vemos que se adaptan, los estamos utilizando en otra base de datos, que sería la base de datos de usuarios. Esta es la que hoy en día es la DR1, que es la que está en la base de datos de PixInsight.

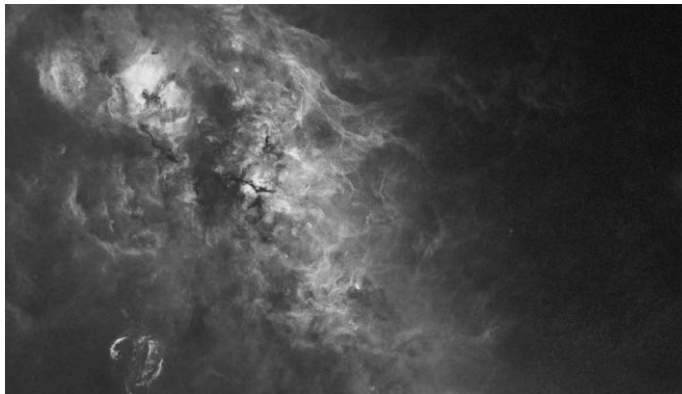


Lo que hacemos todas las noches es movernos sobre el meridiano. Las cámaras tienen un campo de dos horas y nos movemos una hora sobre el meridiano, de forma que siempre nos desplazamos la mitad de un campo. De esta forma, hay objetos que en la base de datos los tenemos hasta en cuatro campos distintos. Algunos, si están muy al norte, aparecen en seis, porque nos movemos en tres zonas de declinación y en todos los campos de ascensión recta.

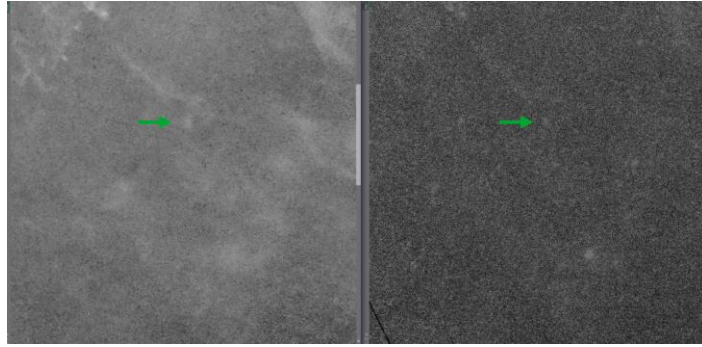
En este mapa podemos ver, en escala de grises, la cantidad de horas que llevamos registradas de todo el cielo. En algunas zonas blancas, ya tenemos hasta treinta horas de exposición. En otras, llegamos a unas diez. Pero la idea es que ya prácticamente tenemos el cielo completo.



Esto es un recorte de una de las imágenes que obtenemos. Está, por ejemplo, solamente en H-alpha, en la zona del Cisne. Podría parecer que un equipo de 35 milímetros no da datos suficientes, pero es increíble la profundidad que alcanzamos.

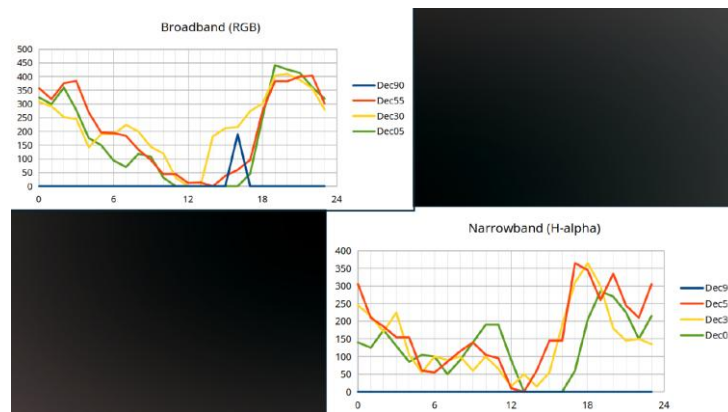


Esto de aquí es la nebulosa enana de Draco, una de las satélites de nuestra galaxia. Es muy débil y se encuentra en los dos. La vemos en RGB (izquierda) y en H-alpha (derecha), lo que nos permite llegar a una precisión bastante grande.



Trabajamos manualmente. Hemos supervisado una por una más de quince mil imágenes y treinta mil tomas de calibración, entre mayo y septiembre. Hacemos un cuadrante en el que vamos revisando diariamente todas las imágenes, eliminamos las que están defectuosas o con errores, y llevamos un control riguroso para evitar confusiones.

Esta es la gráfica aproximada de lo que tenemos. Representa la ascensión recta y los minutos de exposición en cada uno, en bandas estrechas y en H-alpha, con los datos recopilados hasta septiembre.



Trabajar con tanta cantidad de datos no es fácil. Tenemos un servidor pequeño con 768 GB de RAM y un disco de 64 terabytes, de los cuales llevamos ahora mismo unos ocho terabytes de datos en crudo.

Todo esto se traduce en una base de datos que incluye todos nuestros másters procesados y que los usuarios pueden descargar. Hemos publicado una herramienta de calibración de flujo, para la cual utilizamos el catálogo espectrofotométrico de Gaia. En las imágenes que queremos corregir, medimos el brillo de los objetos. La técnica se basa en alinear las imágenes de 35 milímetros con nuestra imagen del telescopio y anular los objetos dentro de la imagen. De esa forma, nos quedamos solo con los gradientes, que después se procesan para generar un modelo de gradientes y se eliminan de la imagen.

Llamamos a este proceso "survey multiescala de referencia" porque lo más importante es la escala del gradiente. Esta escala en píxeles determina el tamaño de las estructuras mínimas que definimos en nuestro modelo de gradientes. Algunos gradientes son muy suaves y no es necesario definir estructuras menores a 1024 píxeles, por ejemplo. Este es el parámetro más crítico.

Aquí mostramos algunos resultados. Esta es una fotografía tomada con 200 milímetros de focal. Con metodologías tradicionales, sería difícil de corregirla porque, aunque los gradientes son suaves, está llena de objetos difusos. Con Mars y la nueva herramienta de corrección de gradientes, conseguimos una corrección muy precisa.



Lo mejor es que, a pesar de ser una metodología observacional que podría parecer limitada por la señal que tenemos en la base de datos, hay un punto muy positivo: al fotografiar desde zonas contaminadas, podemos afirmar que podemos olvidarnos por completo de los gradientes. Esto abre un nuevo camino para recuperar la fotografía urbana o desde cielos medianamente contaminados. Durante mucho tiempo, la contaminación lumínica ha dificultado la captura de imágenes astronómicas de calidad, pero ahora podemos corregir los gradientes con Mars y obtener resultados óptimos.

Para resumir, me gustaría destacar la posibilidad de recuperar la fotografía desde cielos contaminados. Además, este es el único método de corrección de gradientes mínimamente objetivo, ya que antes la colocación de muestras se basaba en simples suposiciones subjetivas. La astrofotografía, desde hace décadas, se ha centrado en reducir la arbitrariedad. Los astrofotógrafos entendemos bien que arbitrariedad y creatividad son dos cosas completamente distintas. En nuestros métodos de trabajo, buscamos la objetividad para poder decir con certeza qué es real y qué no lo es, o distinguir correctamente los colores en una imagen. Lo más importante es recalcar que las técnicas de corrección de gradientes del presente y futuro derivarán en métodos puramente observacionales.



L'ASTRONÒMICA
DE SABADELL