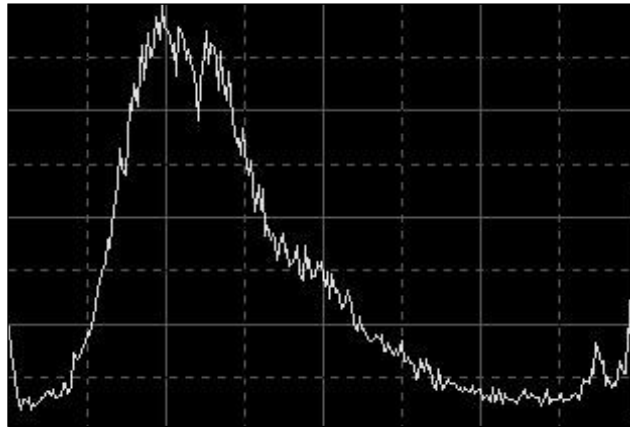


Todo Sobre Los Histogramas

Carlos Milovic F.

www.astrophoto.vze.com
carlos.milovic_at_pixinsight.com



En el presente documento se repasarán las bases teóricas de los histogramas en general, y su aplicación a imágenes. Luego, ejemplos complementarán dicha información entregada, para pasar a entregar elementos para profundizar el entendimiento en la lectura del histograma de imágenes, se analizan las anomalías que pueden encontrarse, y cómo evaluar cromáticamente el balance de las fotografías a color. Se hace un énfasis muy grande en ejemplos con imágenes astronómicas a continuación de sencillos ejemplos con imágenes normales, para que el lector tenga una base sólida de entendimiento de lo que ocurre con elementos más cotidianos antes de pasar a terrenos más áridos. En otra sección se verán con detalle las distintas transformaciones que se pueden llevar a cabo gracias a esta herramienta, basado en la implementación realizada en PixInsight (LE versión 1.0.1 hoy obsoleta). Finalmente, se repasarán otros elementos presentes en dicha interfaz, para familiarizar al usuario y ayudarlo a comprender la funcionalidad de cada opción.

24 de enero de 2005
Revisado el 27 de noviembre de 2010

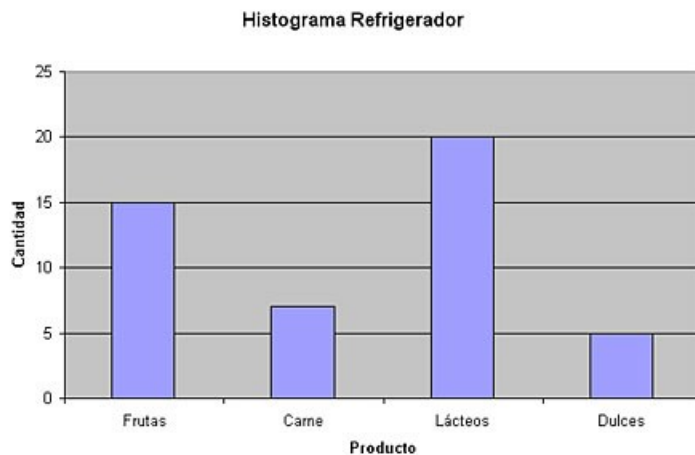
Introducción

¿Qué es un histograma?

Imaginemos que tenemos una tabla de datos, con una secuencia ordenada de categorías, y el correspondiente número de elementos de cada categoría. Un histograma es una representación gráfica de dicha tabla de datos. Pongamos un ejemplo muy sencillo. Abramos el refrigerador. Ahora hagamos un inventario de todo lo que hay. Supongamos que establecemos las siguientes categorías, y encontramos que tenemos la cantidad de elementos que se menciona:

| | |
|--|----|
| <i>Frutas y Verduras</i> | 15 |
| <i>Carnes (Roja, blanca y pescado)</i> | 7 |
| <i>Lácteos</i> | 20 |
| <i>Dulces y golosinas</i> | 5 |

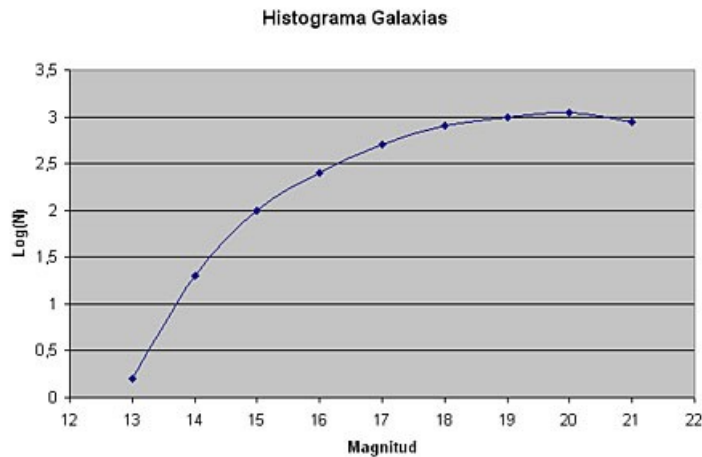
El correspondiente histograma sería:



Quizás para evaluar cómo está nuestra dieta este histograma sea capaz de indicarnos cómo balancear nuestras compras, pero si queremos ir al supermercado a comprar lo que nos falta, deberíamos tener un histograma con mayor resolución, donde, por ejemplo, en vez de decir que tenemos 15 frutas o verduras nos dijera que tenemos 5 manzanas, 12 peras y 3 lechugas.

Bueno, pongámosle un poco de astronomía al tema, y veamos otro ejemplo de histogramas. Tenemos una fotografía muy profunda de un cúmulo de galaxias, y hemos hecho la fotometría correspondiente, es decir, tenemos las magnitudes de todas las galaxias en la imagen. Nuestra intención es obtener una función de luminosidad, esto es, una fórmula que nos diga cómo varía la cantidad de galaxias con su brillo. Ya que el valor de la magnitud que toma una galaxia no es un valor discreto, sino que en la práctica puede ser cualquier cosa, tenemos tantas categorías como queramos para representar el histograma. Y es muy poco práctico tratar de que una función de luminosidad represente de forma exacta los valores que encontramos. Por eso, lo que debemos hacer es agrupar de la manera lo más representativa posible a las galaxias. Una elección sencilla sería dividir el rango "real" de magnitudes en ciertas "cajas", cada una representando cada magnitud. Así, todas las galaxias que tengan un brillo entre magnitud 15 y 16 estarán en una caja, en otra las que están entre 16 y 17, y así hasta meter todas nuestras galaxias medidas en una caja. El histograma, ahora, será construido de una forma discreta, con nuestras galaxias agrupadas en unas categorías ordenadas, llamadas niveles.

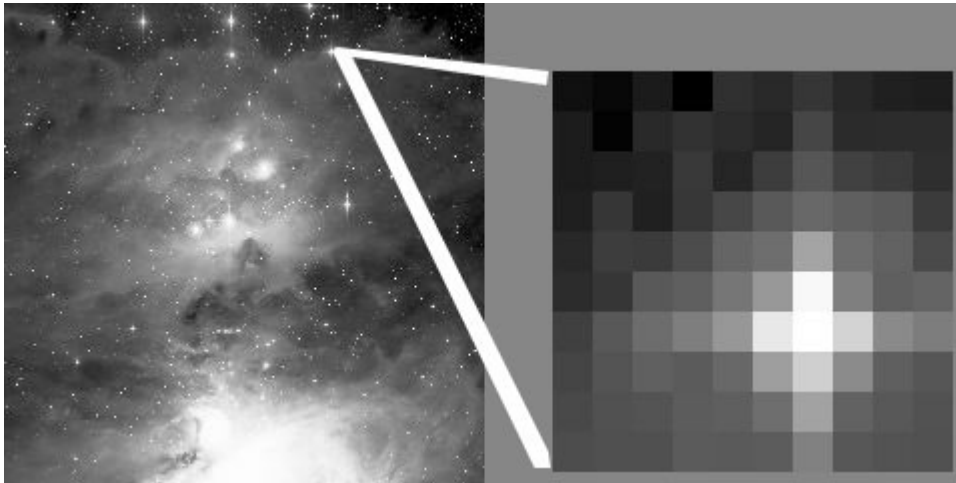
Aquí vemos un histograma construido de esta manera:



En resumen, un histograma es un gráfico que nos muestra el número de elementos que contienen ciertas categorías, o niveles, de una forma discretizada y ordenada.

Las Imágenes Digitales

El caso de cómo se guarda la información en una imagen es bastante similar al del ejemplo anterior. Una fotografía se compone por granos que se ennegrecen para formar los distintos grises o colores. Por otro lado, las imágenes digitales se forman mediante una malla de puntos llamados pixels (picture elements), los cuales guardan la información.

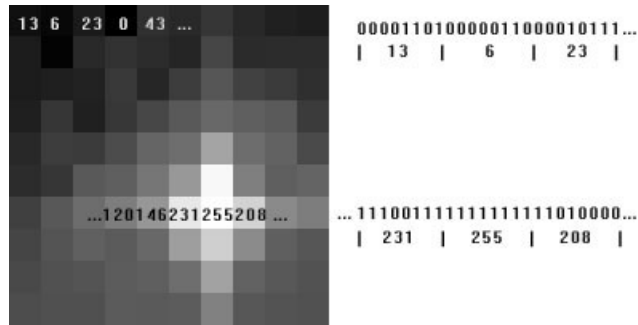


Las imágenes están compuestas por pequeñas celdas cuadradas llamadas pixels

Ya que digitalmente la información se guarda en bits, y no de una forma analógica, se tuvo que tomar la decisión de discretizar el rango dinámico, es decir, el intervalo que hay entre el negro absoluto y el blanco absoluto.

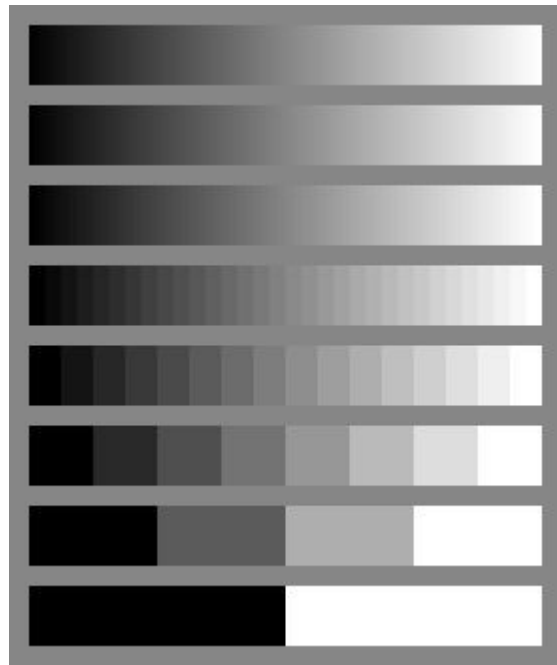
La información guardada en bits está en potencias de 2, o sea números binarios. Un nuevo bit de información multiplica por 2 la cantidad de niveles disponibles. Así, mientras un pixel de 1 bit sólo puede distinguir entre blanco y negro, uno de 2 bits posee dos grises más entre medio.

Si uno va representando en una escala distintos gradientes con incrementos de un bit en la escala, nos daremos cuenta que en alguna parte entre los 6 y 7 bits nuestro ojo ya no es capaz de distinguir los niveles, y se ve el gradiente de una forma continua. Por eso, comúnmente los pixels almacenan 8bits de información, o lo que es equivalente, 256 niveles de grises, incluyendo al blanco y al negro. Cabe recordar, que un byte contiene a 8bits.

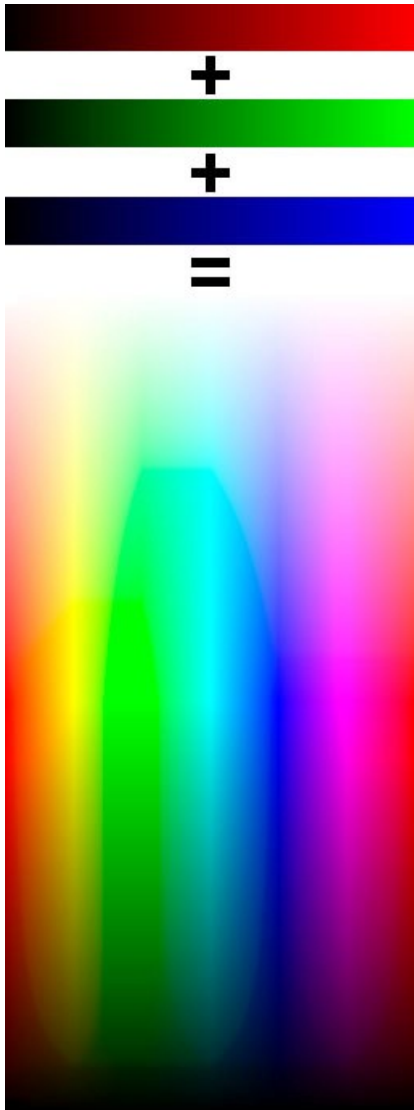


*La información de los pixeles está guardada de forma cuantificada. Con 8bits, eso significa que tenemos 256 niveles distintos. Los valores de los pixeles se guardan como una secuencia ordenada de números binarios. Cada pixel gris ocupa un espacio de memoria de 1byte en nuestro computador.
(Si es un pixel de una imagen en colores, 3bytes)*

*Desde abajo hacia arriba
vemos gradientes con
precisiones de 1 a 8 bits. Con
7bits ya no es posible
distinguir los distintos niveles*



Por supuesto que no todos los pixeles están restringidos a esos 8bits, se pueden tener imágenes en que sus pixeles tengan 16bits, 32 bits, 64 bits, etc. En el caso de imágenes a color, se utiliza un sistema similar, en que el color se representa como una combinación de tres canales, típicamente el rojo, verde y azul. En tales casos, los pixeles guardan la información en, por ejemplo, 8bits por cada canal, o bien 24bits de color. Esto significa que mientras cada canal tiene un rango de 0 a 255, yendo del negro al rojo, verde o azul absoluto, en conjunto tenemos 16777216 distintos colores.



Combinando los tres canales de colores en distintas proporciones dan a lugar a todos estos colores y muchos más. Negro es la ausencia de señal, todos valen 0; mientras que blanco es una señal saturada; en 8bits eso significa que todos los canales tienen el valor 255.

Notar entremedio de los colores primarios (aditivos) a los colores complementarios (sustractivos): Amarillo, Cyan (parecido al celeste) y el Magenta (lila).

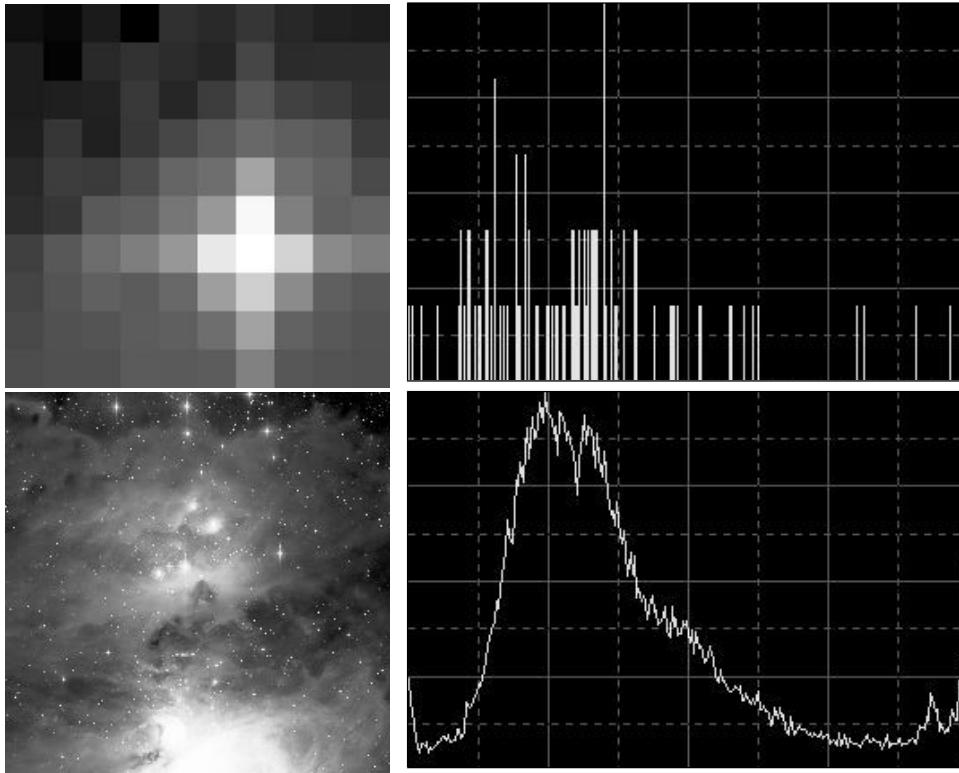
El tener una profundidad de bits mayor implica el tener una gama de colores más grandes, o por decirlo de otra manera, una precisión más grande en cada nivel.

¿Por qué hablamos de precisión? Con cualquier profundidad de bits "0" significa negro, y el valor más alto es blanco. Entonces, es muy conveniente definir dicho intervalo de una forma normalizada: "0" es negro y "1" es blanco. Así, la profundidad de bits sería algo así como la precisión decimal con la cual medimos los distintos grises (o colores).

El Histograma de Imágenes

¿Y qué es entonces lo que llamamos el histograma de una imagen?

Simplemente el gráfico de cuántos pixeles están en cada nivel de información para una imagen completa, o una selección.

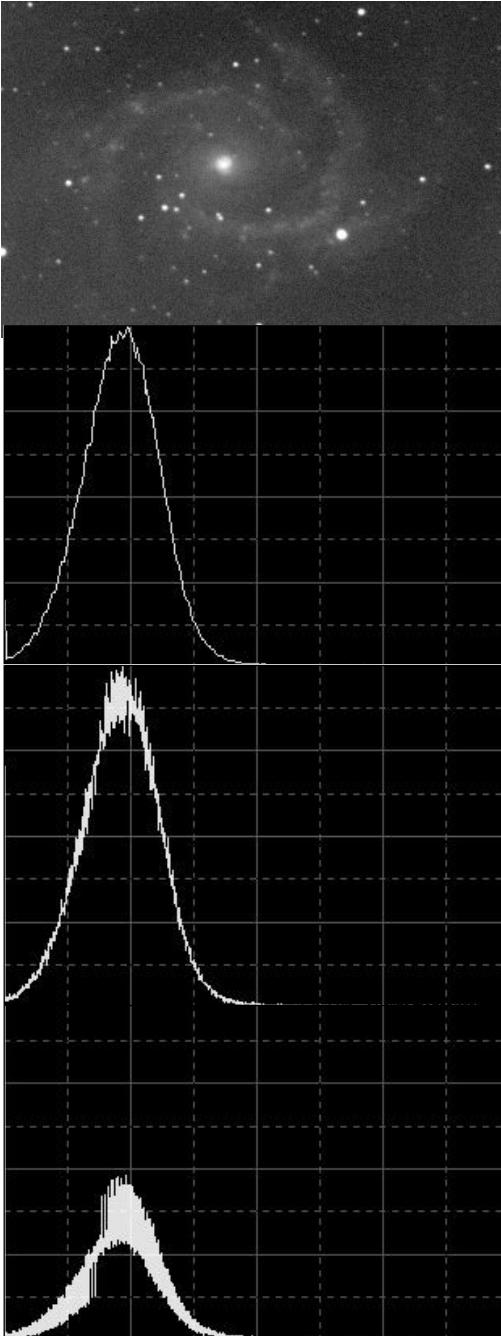


Aquí volvemos a ver la imagen que usamos de ejemplo anteriormente, y la pequeña selección. A la derecha, están los respectivos histogramas de cada uno. El histograma de la selección se ha dibujado con barras, mientras que el de la imagen con líneas que unen los puntos de datos (esto se llama también función de histograma).

Trate de identificar en los histogramas los distintos elementos que se ven en la imagen: ¿Cuántos pixeles negros hay en la selección? ¿Y blancos? ¿Qué pixeles tienen el valor más repetido? ¿Dónde se pueden ver los pixeles que forman el núcleo de M42? ¿A qué corresponden esos máximos en el histograma?

Por convención, en el eje horizontal se ponen de forma ordenada todos los niveles posibles, que van desde el negro absoluto (izquierda) hasta el blanco absoluto (derecha). Así mismo, los extremos del rango dinámico, y del histograma, son llamados punto negro y punto blanco, ya que modificando dichos puntos se establecen las zonas de la imagen que quedarán negras o blancas, sin información, como veremos más adelante en este tutorial. El eje vertical también se puede expresar en términos relativos o porcentuales, dando una mayor libertad a la representación gráfica.

La cantidad de niveles que usaremos para representar el histograma dependerá de la resolución con que queremos verlo, y de cómo son los datos de la imagen. Imágenes JPG trabajan con 8bits de información por canal, es decir, 256 niveles de intensidad posibles para cada uno, así que es razonable usar esa resolución en el histograma. Imágenes escaneadas y guardadas en un archivo TIFF de 16bits es muy poco probable que se vean bien a esa resolución, ya que no representará bien lo que tenemos. Sería mejor usar 12bits o 10 bits... y así.



NGC2997, tomada con una cámara CCD, SBIG ST7. 2 minutos, imagen simple. Telescopios Meade LX200GPS de 16", a f/6.3.

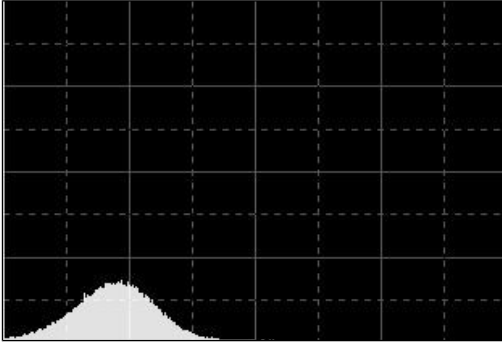
Pre-procesamiento: Bias, dark y flat. Ajuste de histogramas para mejor visualización en este ejemplo.

Visto a una resolución de 8bits, el histograma se ve muy suave. No se aprecia claramente si hay pérdidas de información, en especial en los extremos.

A 10 bits tenemos más noción de lo que está pasando, aunque el ruido empieza a deformar la función de histogramas. Notar cómo los picos de los extremos se van haciendo más intensos.

Con 12bits estamos justo en un límite entre baja precisión y el tener muchas muestras. Se aprecian "artefactos" del tipo gasps y spikes, de los que hablaremos en un siguiente capítulo.

Sin embargo, en este caso, no son reales, sino que problema de la resolución.



Finalmente, con 16bits definitivamente tenemos más niveles de los que efectivamente tenía con información la imagen. La función de histogramas oscila tanto entre 0 y los datos que se ve todo blanco.

Los picos de los extremos acumulan muchos más pixeles que cualquier otro nivel



NGC1977, procesada a partir de datos del POSS2 por Carlos Milovic.

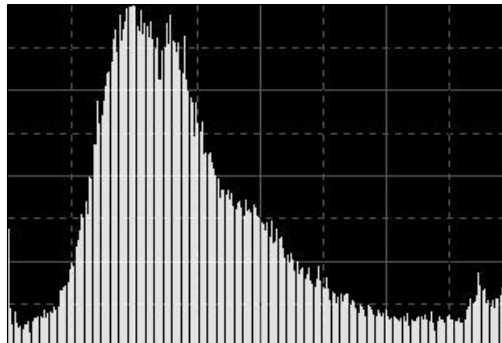
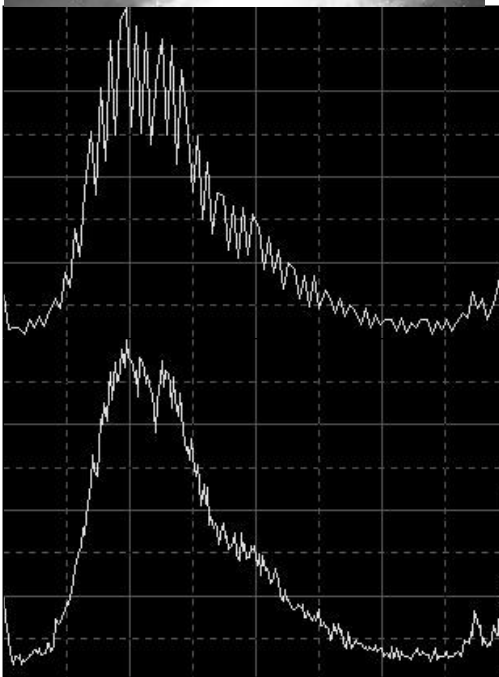
Luminancia de la imagen publicada en la galería de imágenes POSS2 de PixInsight.

Histogramas calculados a partir de esta imagen JPG.

Con 100 niveles, tenemos tan pocas muestras que la forma del histograma se deforma demasiado. No es recomendable trabajar así.

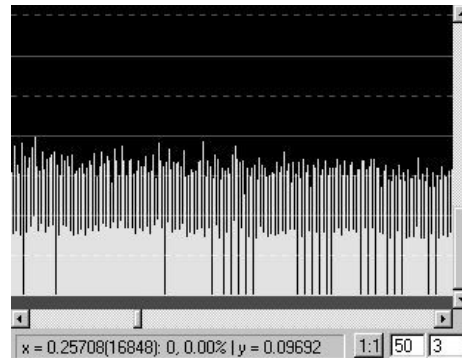
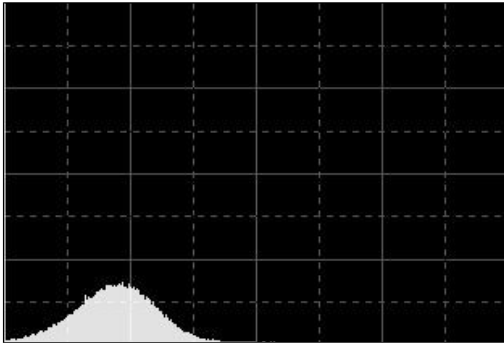
8bits. El mismo histograma mostrado antes. Esta es la visualización ideal para la imagen.

Cualquier resolución mayor (en este caso 16bits) mantiene de buena manera la forma "superior" del histograma. Debajo se ve pintado de blanco y con barras negras ya que se tratan de unir los datos con los nuevos niveles sin información.



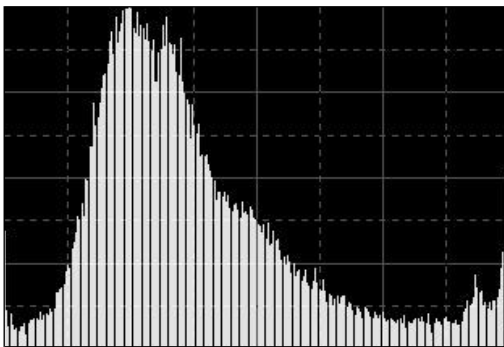
Relacionado con el tema de la precisión, está el tamaño con el cual vemos el histograma. Algunos programas permiten variar esto. Así, se puede ver de mejor manera qué es lo que está ocurriendo con la información, sobretodo cuando la

precisión usada es mayor de 8bits. En imágenes CCD, esto se puede volver algo muy crítico para ajustar los datos.

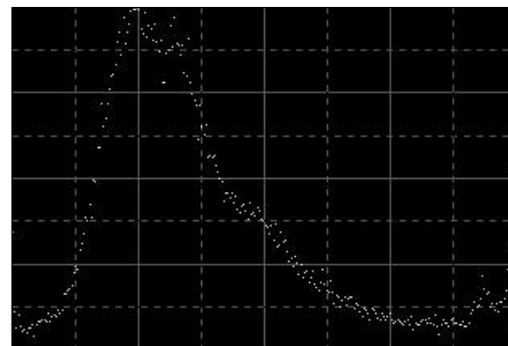
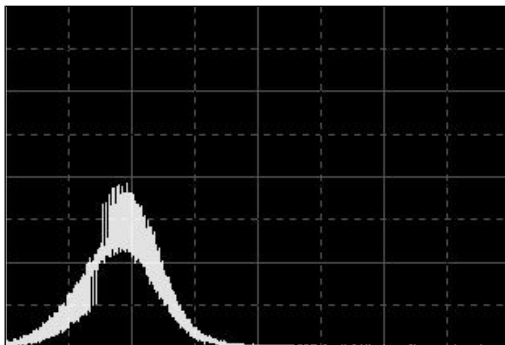


A la derecha se ve un gran aumento de la información, con una precisión de 16bits. Se aprecia claramente como hay algunos niveles que simplemente no tienen pixeles con ese valor.

Otro aspecto importante del dibujo de los histogramas es la habilidad de poder cambiar la forma en que se representan los datos. Las más populares son la representación en forma de barras y dibujar líneas entre los puntos. Este último método da a lugar a las llamadas funciones de histogramas, que es la expresión matemática de las curvas que representan la información... este es el caso de las campanas gaussianas.



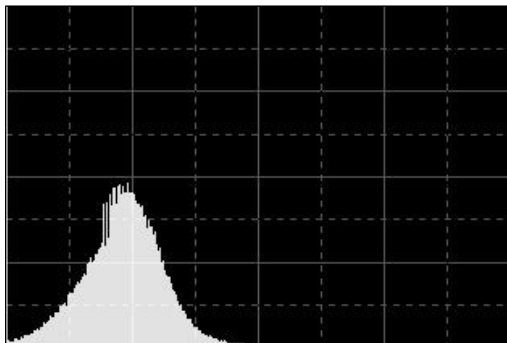
Volvemos a ver el histograma de NGC1977 a 16 bits, representado con líneas uniendo los puntos. Habíamos dicho que a esta resolución tenemos muchos más niveles vacíos que con información (de hecho hay 1 con información por cada 255 sin datos)...



Y esto queda claro si en vez de graficar las líneas entre los puntos, dejamos solamente los puntos. Abajo se ve fácilmente como los niveles sin información son tan densos que pareciera ser una línea blanca continua.

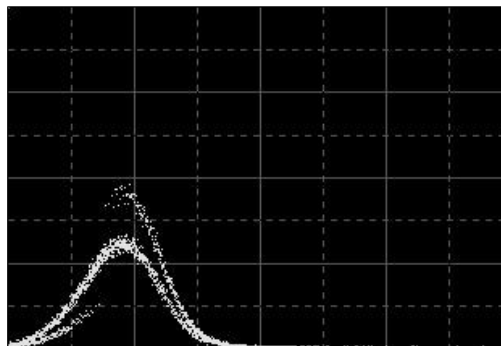
Otro ejemplo de que elegir adecuadamente la manera de graficar los datos puede ayudar mucho a interpretar los datos.

Este modo es el más recomendado para la mayoría de las ocasiones en que se trabajan los histogramas. Hay que tener cuidado para no malinterpretar los datos.



Si mostramos barras, solamente sobreviven los niveles que acumulan más puntos, ya que por densidad no dejan ver al resto. Si hay poco ruido, puede servir para preciar más claramente a qué estructura pertenecen los elementos visibles en el histograma. Además, es más cómodo este modo para mostrar ejemplos en páginas webs o presentaciones, volviendo más visibles los datos.

Los puntos ayudan mucho a detectar irregularidades. En este caso particular, por el ajuste del balance de tonos medidos realizado previamente, y la falta de resolución necesaria para los datos, pareciera que muchos niveles se fusionaron, o que se partieron. En cierta medida esto refleja lo que en verdad ocurrió, pero se exageró el efecto.

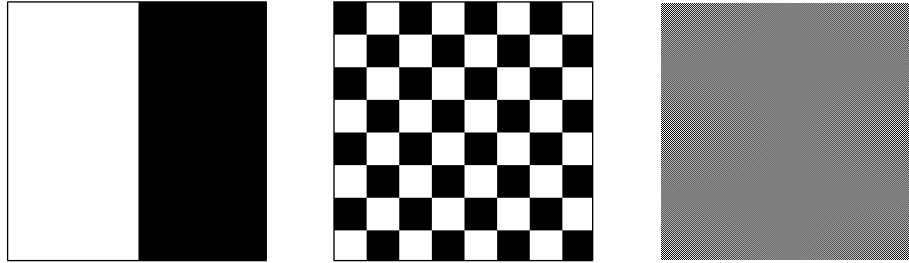


[Nota: En el procesamiento de imágenes, se le puede dar otra lectura al histograma: tomarlo como una distribución de probabilidades de encontrar un pixel en cierto nivel, y así utilizar herramientas estadísticas para su manejo y transformación. Una de estas aplicaciones es la ecualización del histograma. Sin embargo, esto está más allá de lo que nosotros pretendemos aquí (de momento), así que lo dejaremos de lado.]

Ejemplos de Histogramas

Histogramas de Imágenes Normales

A continuación vemos algunas imágenes y sus respectivos histogramas, para ejemplificar más lo que hemos estado hablando y familiarizarnos con esta representación gráfica:



Estas tres imágenes tienen el mismo histograma: dos picos iguales en los extremos blanco y negro.

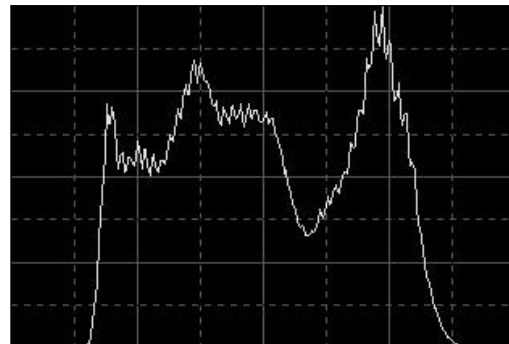
Este ejemplo nos lleva a una conclusión muy importante: el histograma de una imagen es único... sin embargo un mismo histograma puede representar a infinitas imágenes. *Es importante tener asimilada la idea que el histograma es una herramienta estadística de los valores de los píxeles, y no un proceso morfológico o espacialmente significativo.*

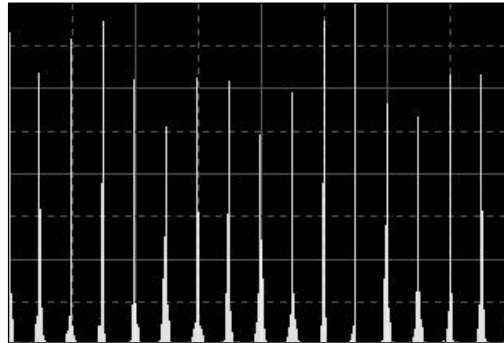
Todo cambio que se haga en una herramienta basada en los histogramas se aplica pixel a pixel. Además, teniendo la profundidad de bits de trabajo necesaria, todos los cambios son reversibles (excepto si ajustamos el punto negro o punto blanco cortando información... como se explicará más adelante).

Veamos ahora el histograma de una imagen normal...



Nuestra primera impresión de que a la imagen le falta contraste se ve confirmada al ver el histograma. Casi no existen píxeles en el 15% más oscuro y el 15% más brillante. Tenemos espacio del rango dinámico sin utilizar. Más adelante veremos cómo aprovechar este espacio, haciendo simples cambios a la imagen, gracias a la ayuda del histograma.



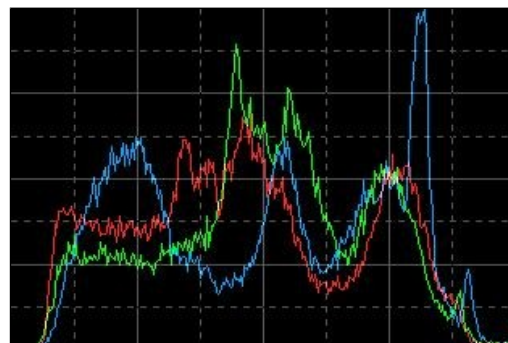


Esta imagen es la que típicamente se utiliza para calibrar monitores. Como era de esperar, en el histograma se ve reflejada como picos muy intensos y angostos. Si no fuera por la degradación operada sobre la imagen en el proceso de compresión, todos ellos ocuparían un solo nivel, y tendrían la misma altura.

Algo interesante: esta secuencia es lineal. Los monitores no representan los valores en pantalla de forma lineal. Por eso esta secuencia puede parecer extraña. Por esta razón, algunos programas al hacer gradientes no los construyen de manera estrictamente lineal, sino que para que perceptualmente sean más agradables.

Hasta el momento hemos visto histogramas solamente de imágenes en escala de grises (al principio de esta página, las tres imágenes eran binarias, así que era muy aburrido mostrar el histograma). ¿Cómo se puede representar toda la información del color en los histogramas? Una alternativa es mostrar el histograma de cada canal por separado (o los tres, claramente identificados, en el mismo). Otra es hacer una composición de los canales, de alguna manera, y mostrar un solo gráfico. Esta última opción es como mentirle al usuario, ya que no es muy representativo de la información real que existe, además que tiende a ocultar los problemas que pueden existir. Siempre es mucho mejor analizar los histogramas de cada canal RGB de forma individual (y "siempre" se deben ajustar así), o bien "mostrarlos juntos, pero no revueltos".

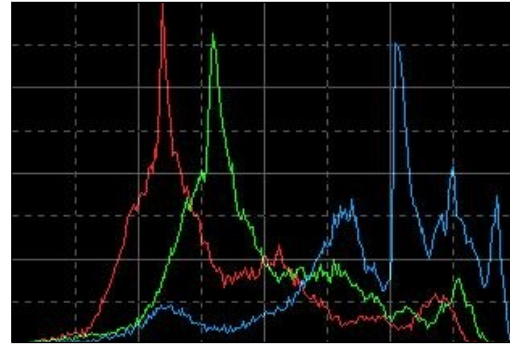
Una imagen normal en color, entonces, tendría un histograma RGB de la siguiente manera:



Tratar de identificar colores u objetos aquí es mucho más complejo, si utilizamos solamente nuestra vista. Por eso la mayoría de los programas incluyen modos de lectura de los valores de los píxeles que interactúan con los histogramas.

Generalmente, si uno mantiene presionado el cursor sobre la imagen, en los histogramas se indica a qué valores corresponden los píxeles que allí se encuentran.

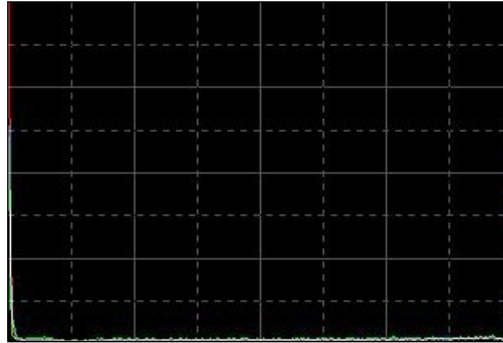
En este caso particular, ¿qué es fácil identificar? Pues, el bote es casi entero blanco... y por ende sus píxeles están en el extremo derecho. Además, el azul del cielo es bastante uniforme y ocupa un área extendida. Es muy probable que el gran pico que vemos a la derecha, azul, sea el cielo. El bosque también ocupa un gran espacio. Como aquí la intensidad de la luz variaba mucho más, cada uno de los picos en el canal verde puede que represente a distintas zonas del bosque.



En esta imagen es evidente que el azul domina, es más intenso. No sorprende que el histograma muestre a dicho canal muy cargado hacia la derecha comparado con los otros. Eso indica que los colores están muy saturados.

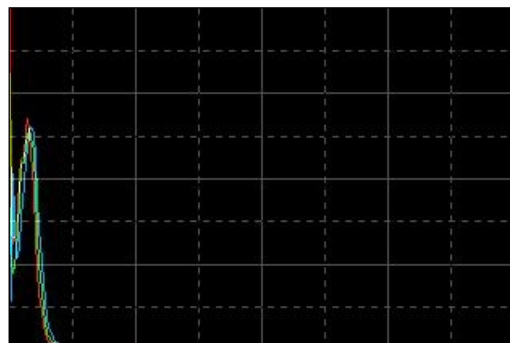
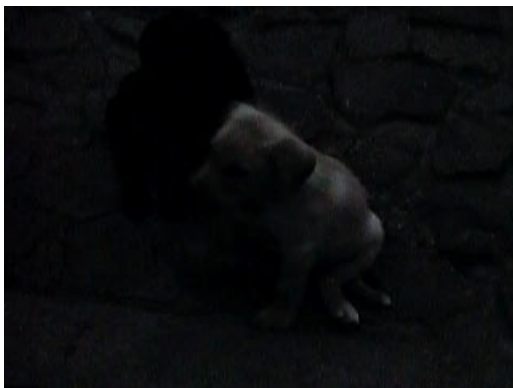
Por color saturado se entiende que tiene una tonalidad muy dominante, y no necesariamente que hay información perdida, "saturada". Esto puede ser confuso a veces, pero hay que estar atento al contexto donde se utiliza la expresión

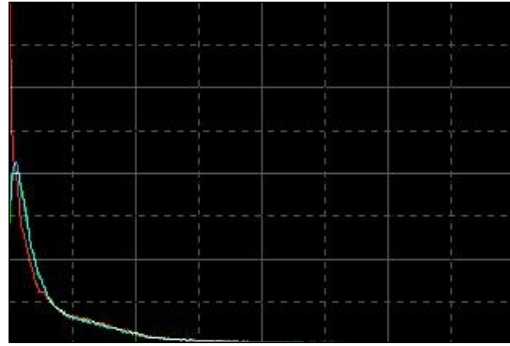
Y hablando de colores saturados, veamos la siguiente imagen, y su histograma:



Aquí se muestra casi toda la gama de tonalidades de colores saturados. Un rojo saturado tiene mucho rojo, y casi nada de verde o azul. Un magenta saturado carece solamente de verde. Ya que estos colores corren por una gran gama de intensidades (brillos), eso explica la existencia de algunos valores "grises" de los canales.

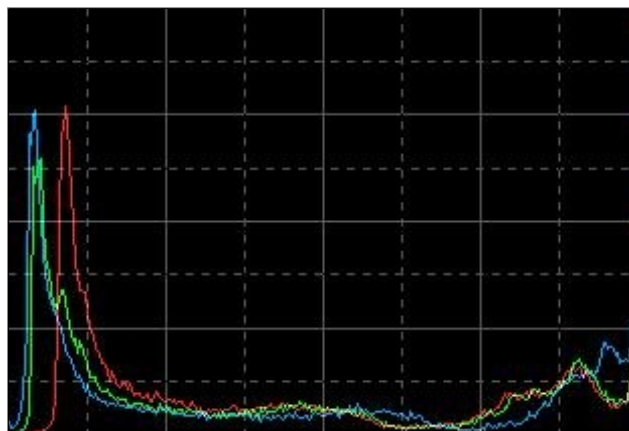
Volvamos a ejemplos más sencillos. Claramente esta imagen está muy oscura... y la siguiente un poco más brillante. Fíjense en los histogramas.





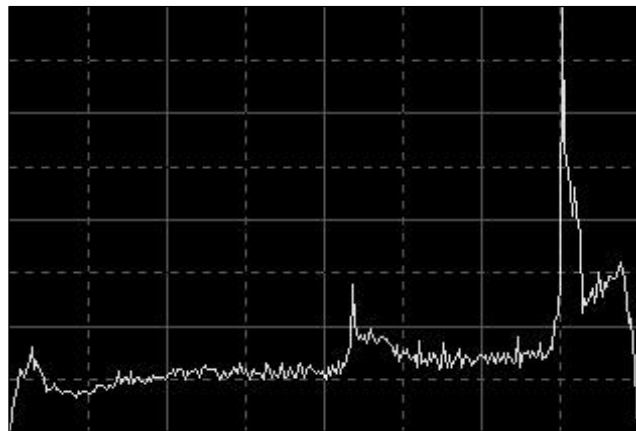
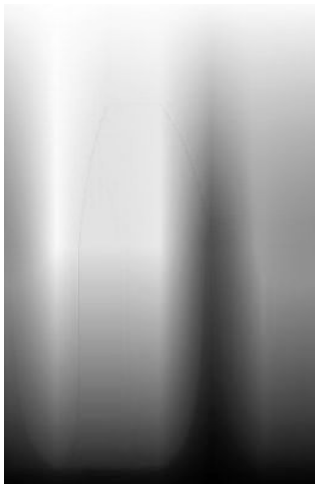
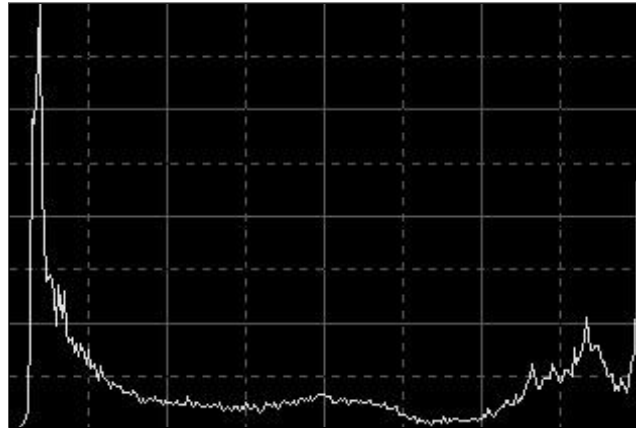
En el segundo histograma se aprecian más píxeles con mayores intensidades, además que la distribución de los píxeles es más amplia. Esto revela que hay más niveles distintos de grises que en la primera. En el primer histograma se aprecia un claro pico en los tres canales, muy cerca del negro. Esto no corresponde al perro, sino al resto del fondo, que ocupa un área mucho mayor. ¿Si esta área es tan grande, porqué el pico no es más alto? Porque existe bastante información perdida. A la izquierda del perro blanco (en la imagen) hay un perro negro. Casi todos sus píxeles son negro puro. Por eso, en el histograma se acumulan muchos más píxeles en ese valor que en el fondo, donde los valores no son únicos, sino que distribuidos más o menos aleatoriamente en cierto rango.

Antes de ver ejemplos de imágenes astronómicas, revisemos esta última foto, hecha con una película de diapositivas:



Lo interesante de esta imagen es que es muy contrastada y con colores saturados. Esto se refleja en el histograma en que gran cantidad de los píxeles se acumulan en los sectores de las sombras o las luces altas. Cabe notar que en histogramas RGB esto no sólo implica tener colores saturados, sino que también puede reflejar el contraste. Ambos efectos se suman y acumulan más puntos en las respectivas zonas extremas.

Para demostrar esto, veamos la luminancia de esta imagen, y la de los colores saturados que está más arriba, y comparemos los histogramas. La luminancia nos indicará qué tan contrastada es la imagen.



Evidentemente, la imagen del muelle tiene histogramas casi idénticos en los canales RGB y en la luminancia. Esto confirma la idea de que el contraste era el efecto dominante. Por otro lado, en el histograma de la segunda imagen vemos que las distintas intensidades están distribuidas de manera mucho más homogénea... lo que indica un mucho menor contraste.

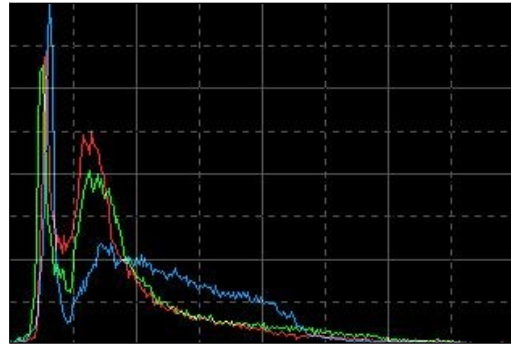
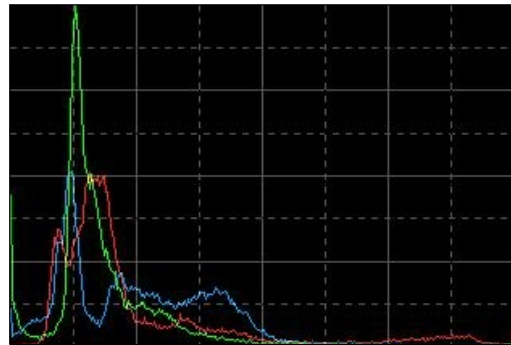
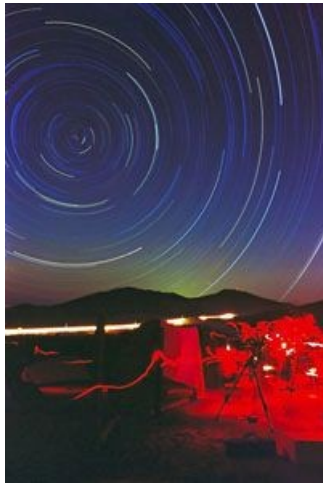


Por supuesto que esto lo podemos comprobar viendo el canal S, de saturación, en el modelo de color HSV.

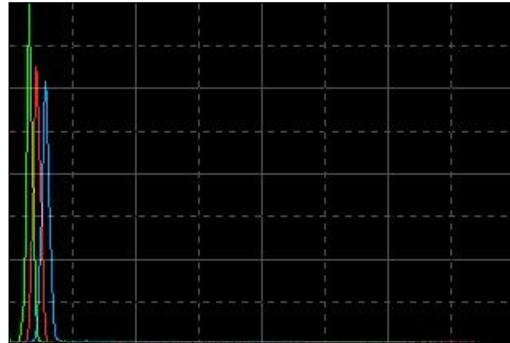
Ejemplos de Histogramas de Astrofotografías

Ya, ahora sí veamos algunos ejemplos de histogramas de imágenes astronómicas.

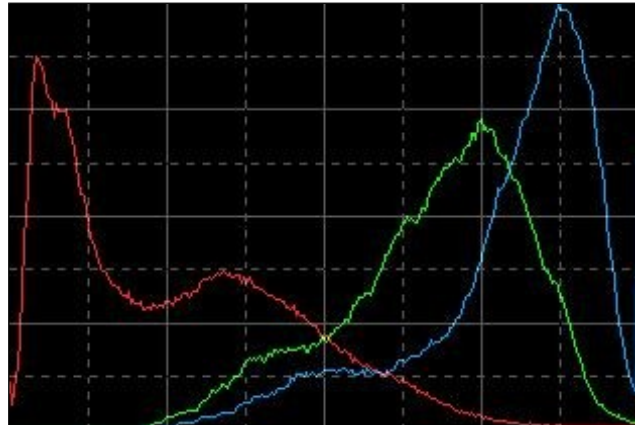
Estas son dos fotos de trazos:



Dentro de toda la gama de astrofotografías son las más "parecidas" a una fotografía normal. Esto no implica que sean sencillas de procesar. De hecho, muchas veces son las más complicadas.

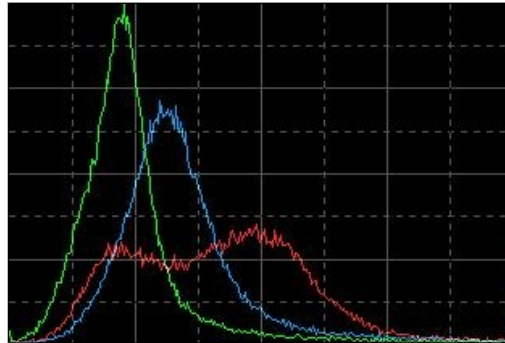
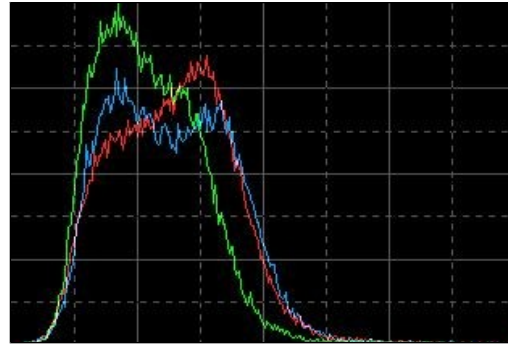


Analizar el histograma de imágenes lunares o planetarias puede ser todo un reto: el fondo es tan dominante que esconde la información del cuerpo celeste. Eso sí, es muy importante tener en cuenta que el fondo nunca debe ser completamente negro; eso indicaría pérdida de información (Si, el cielo de fondo también es información).

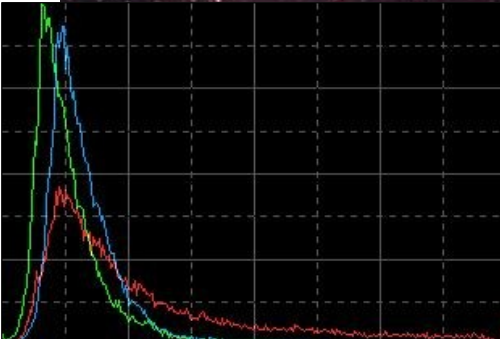


Esta imagen de la constelación del Escorpión fue realizada con una película muy mala para capturar los rojos. Vemos que los azules y verdes están muy saturados, mientras que los rojos permanecen muy oscuros. La información capturada es tan mala que tras procesar esta imagen no se puede darle un aspecto agradable.

Hay que recordar la primera ley en el tratamiento digital de imágenes: La información original es lo más importante, siempre se pueden lograr mejores cosas mientras que la captura sea mejor. Además, es más económico (en tiempo y "dolores de cabeza") mejorar el original en la captura que tratar de arreglarlo con post-procesamiento.



Estas dos fotos de gran campo son bastante profundas, así que hay mucha información en los tonos medios. Además, hay muy poco cielo "puro" visible. En la fotografía de Orion se aprecian bastante pixeles con valores muy cercanos al blanco puro. Y no es de extrañar ya que hay varias estrellas muy brillantes que se saturaron en el momento de la captura.



En imágenes de cielo profundo comúnmente las estrellas tienen tamaños más grandes, así que pueden aportar con más pixeles a los histogramas. Además, el fondo tiende a ser más plano.

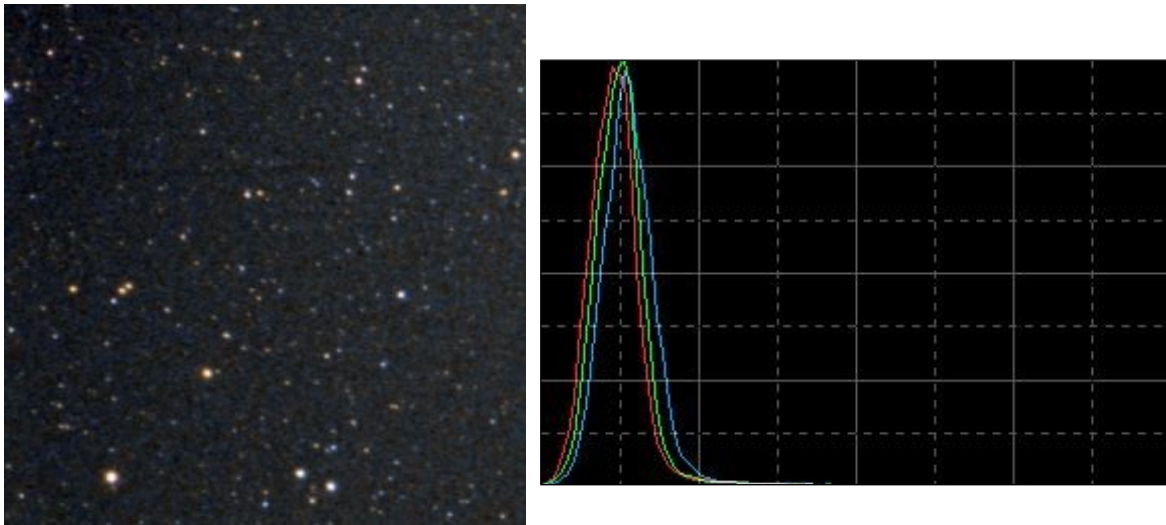
Hay muchos elementos comunes a las astrofotografías, y estas características se ven reflejadas. Con práctica se pueden reconocer fácilmente esos elementos, y así utilizar el histograma como una eficiente herramienta para manipular nuestras imágenes. En la siguiente página daremos algunas indicaciones y consejos para ayudarlos a leer los histogramas de imágenes astronómicas, detectar problemas en la imagen, y a hacer algunos cambios básicos para mejorar el aspecto.

Astrofotografías

¿Cómo leer el histograma de una imagen astronómica?

Si bien hay que tener claro que el histograma no es la imagen, es decir, nuestra finalidad no es obtener un histograma bonito (o sano), sino que una imagen estéticamente agradable, los histogramas son una herramienta muy poderosa para detectar ciertas anomalías, para evaluar el balance de los colores, establecer los extremos del rango dinámico, y un sinnúmero de otras aplicaciones.

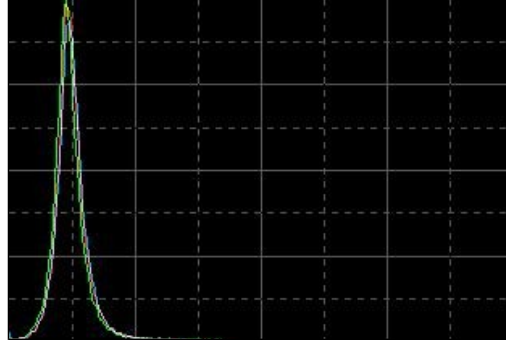
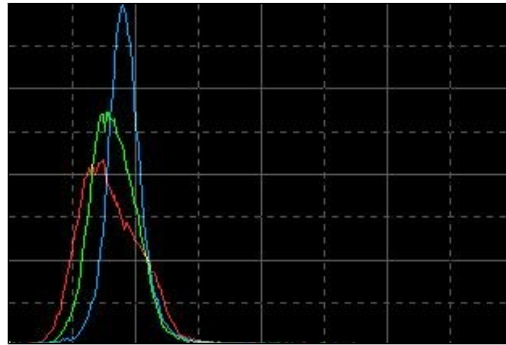
Las imágenes astronómicas más sencillas típicamente tienen dos objetos que dominan la escena: el cielo y las estrellas. Pensemos primero en una imagen que contenga solamente a ellos. Un histograma de dicha imagen se verá como una campana semejante a una gaussiana a la izquierda, y una cantidad más o menos constante de pixeles hacia la derecha.



Aislemos los componentes. Por un lado el cielo es el objeto que ocupa la mayor cantidad del área de la imagen, y el histograma reflejará entonces su influencia en mayor medida. El valor del cielo no es uniforme para toda la imagen (o no debería serlo). Si así fuera veríamos que todos los pixeles del cielo ocuparían un solo nivel, provocando un inmenso pico en el histograma, de un pixel de ancho. Claramente no es así, y "siempre" veremos una campana, con distintas dispersiones. Esto se puede explicar de varias maneras.

Primero, el valor del cielo nunca es uniforme. Naturalmente existen pequeñas variaciones en el flujo que recibimos. Además, podemos tener gradientes de luz

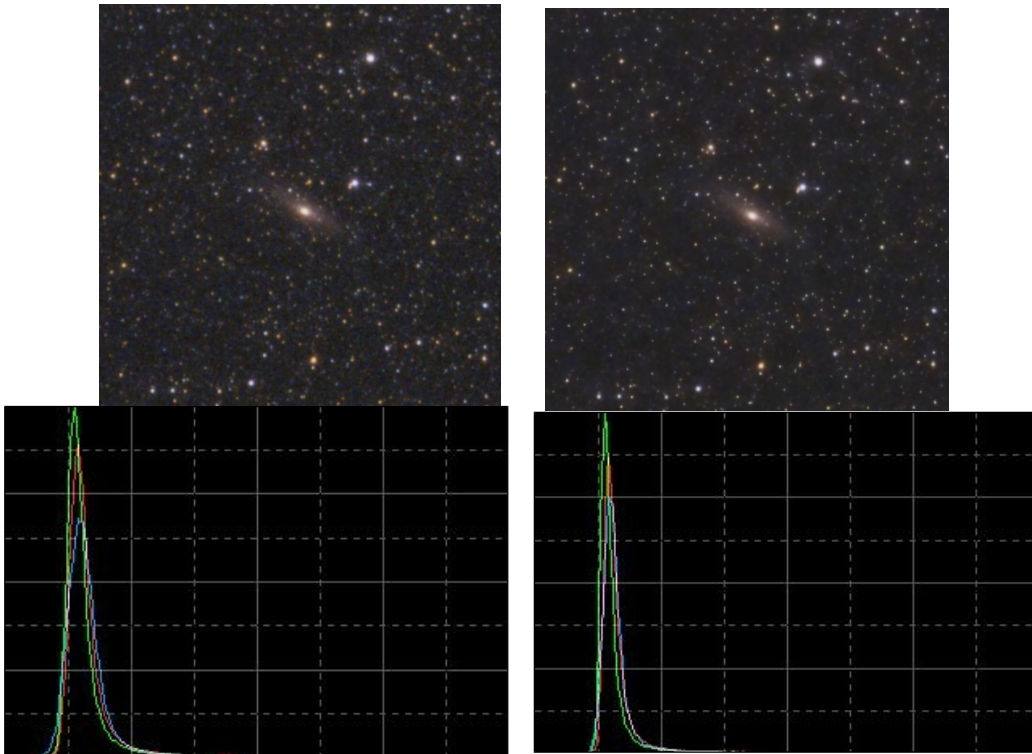
ocasionados por la presencia de la Vía Láctea, contaminación lumínica, o simplemente distintas alturas del cielo (con distintas emisiones y absorciones). Por otro lado, los sistemas ópticos raramente son perfectos, lo que provoca una iluminación desigual del film o chip, y el valor del cielo típicamente será mayor en el centro que en los bordes. Y todo esto sin contar el ruido de las imágenes (ruido térmico de los CCD o el grano de las películas). Cada uno de estos efectos contribuye a que el supuesto pico monocromático se ensanche cada vez más (esto es fácilmente comprobable haciendo el procedimiento inverso: aplicar un flat, o corrección antivibración, y la reducción de ruido).



Arriba tenemos una fotografía de gran campo (28mm). Hay un poco de contaminación lumínica, más extinción atmosférica y el viñeteo propio del lente. Estos tres elementos hacen variar el color e intensidad del cielo. Vean como eso se refleja en un histograma donde el cielo ocupa un gran rango de intensidades; la campana gaussiana tiene una dispersión muy grande.

Abajo, luego de usar una adecuada máscara para corregir esos efectos, se ha logrado uniformizar notablemente el cielo. Ahora la dispersión es mucho más pequeña que antes. ¿Y por qué no es más angosta todavía la campana? Porque existe todavía ruido en la foto, y porque quedan algunas variaciones locales del flujo.

Miremos una porción más pequeña de la foto, en torno a M31, y veamos cómo la reducción de ruido puede influenciar en la dispersión...



Aquí es menos evidente, ya que de por sí la dispersión era pequeña, pero de igual manera se pueden apreciar los cambios. A la izquierda, antes de la reducción de ruido, y a la derecha después (sin ningún otro cambio). Arriba, pasando el cursor sobre la imagen se puede ver cómo quedó después de la reducción de ruido.

Este efecto de disminuir la dispersión de los píxeles de parte de la reducción de ruido es tremendamente importante. No sólo le da mejor aspecto a la imagen, sino que también nos permite sacarle más provecho, redistribuyendo la información en un rango más amplio, y pudiendo aplicar más procesos a la imagen para rescatar detalles.

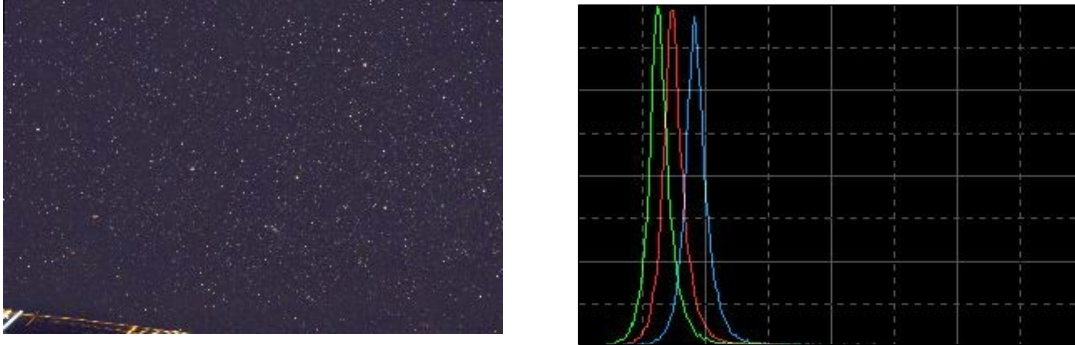
Bueno, ya explicamos en buena medida el aspecto del histograma. Las estrellas, que representan una porción menor del área (y del histograma) de la imagen nos deberían permitir interpretar el resto. Las estrellas más débiles son las que se confunden con el cielo. Entonces, a la izquierda del pico central del cielo no deberíamos tener contribuciones de ellas. Los astrónomos han hecho estudios estadísticos del número de estrellas de campo que se pueden encontrar en una fotografía de cierto campo (las estrellas de campo son estrellas de la vía láctea que no se cuentan como miembros de cúmulos... son estrellas que "están solas"), y se puede decir que la cantidad de estrellas débiles crece de forma exponencial para cada magnitud. Básicamente, mientras más débiles, más estrellas tenemos. Sin embargo, las estrellas brillantes tienen radios efectivos mayores que las débiles, por lo tanto que cada una de ellas individualmente aporta con más píxeles al histograma. Estas dos cosas combinadas nos llevan a tener un histograma de las estrellas bastante uniforme (plano) lejos del cielo.

Si agregamos otros objetos a la fotografía, como nebulosas, galaxias, cúmulos y otros, su influencia en el histograma dependerá de la luminosidad que tengan, y del

área que ocupen en la imagen. Ejemplos de esto lo podemos ver en la página anterior. Con los conocimientos adquiridos ahora sería bueno darles una nueva mirada...

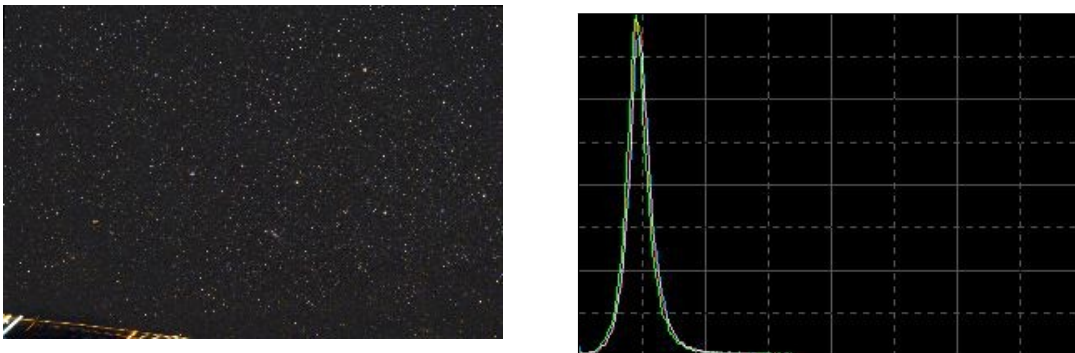
El histograma y el balance cromático

Veamos algo más práctico. ¿Cómo puedo evaluar el balance cromático del cielo a partir de un histograma? Basta con comparar los picos de las funciones de histogramas de cada canal. PixInsight permite visualizar al mismo tiempo las tres funciones, así que dicha evaluación es muy rápida de hacer.



Aquí es evidente que el cielo se ve morado, magenta. En el histograma esto se refleja en que el peak azul es el más a la derecha, seguido por el rojo. Además, el cielo está muy brillante...

No es regla general, pero si uno analiza las astrofotografías de varias personas, los fondos más agradables se obtienen cuando tienen un balance más o menos neutro, con una pequeña dominante azul, y luego verde (el rojo es ligeramente el más débil, y el azul el más brillante). En cuanto al brillo promedio, obviamente no puede ser cero, ya que eso indicaría que estamos perdiendo información (sí, ya dijimos antes que el cielo también es información). Tampoco puede ser muy brillante... un buen compromiso es tenerlo cerca de un valor de 0.1 en el rango normalizado.



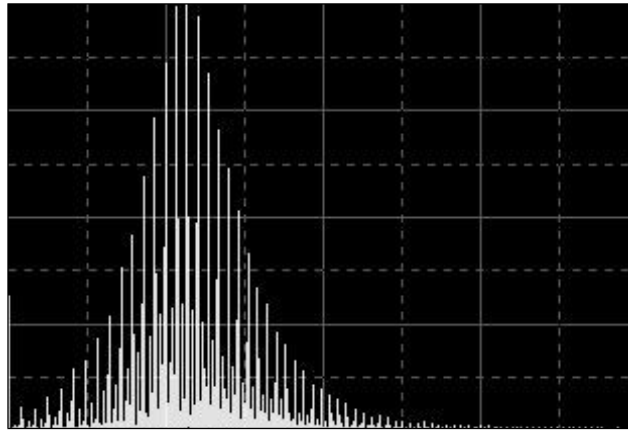
Aquí hemos corregidos ambos problemas existentes en la imagen. El fondo está casi completamente neutro (en el histograma... si revisamos la imagen tendremos pequeños sectores con distintas dominantes; pero en conjunto la imagen se ve bastante neutra). Cómo realizar estos cambios será tema más adelante, ya que primero debemos dar una rápida mirada a otra utilidad práctica del histograma: detección de anomalías y problemas en la imagen.

Anomalías

Gasps

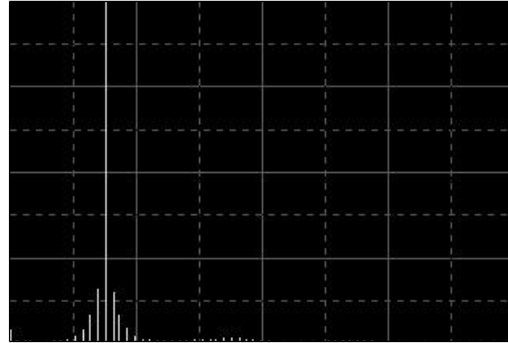
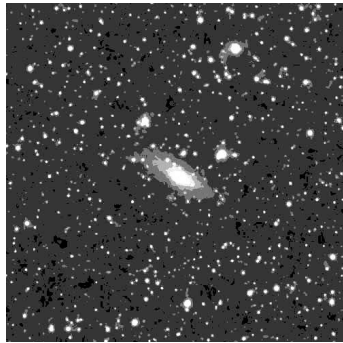
Antes mencionamos que el histograma puede revelar anomalías en la imagen, o pérdidas de información. Principalmente podemos agrupar fenomenológicamente a dichas anomalías en tres comportamientos: Gasps (vacíos), Spikes (picos) o Clipping (cortes). Usaremos los términos en inglés, ya que en castellano no existen términos universalmente aceptados que describan estos fenómenos.

Los Gasps son vacíos que existen entre dos niveles separados. Esto revela una falta de información, o tonos de grises, entre dos niveles. Por supuesto que estos niveles no pueden ser adyacentes, sino que deben tener una separación mayor. Los gasps pueden ser indicadores de hay muy poca información para ser repartida en todo el rango dinámico. Generalmente ellos aparecen luego de reescalar la información, expandiéndola en el rango dinámico, o aumentando el contraste.



Casos extremos, en que la presencia de los gasps es muy evidente, llegando a ser visible como una degradación en la calidad de las imágenes, se conocen como posterización.

La posterización es un efecto bastante indeseable, ya que provoca que los gradientes de grises se corten y aparezcan "peldaños". Eso sí, no hay que confundir la presencia de los gasps en todos los casos como una posterización. Si escaneamos una imagen a 12bits, y miramos el histograma con una resolución de 16bits, éste parecerá estar lleno de gasps. Esto es sólo una indicación de que estamos analizando el histograma con una resolución mayor de la que nos permiten los datos originales. Si después de tratar la imagen vemos a 8bits gasps severos, entonces sí tenemos que preocuparnos.



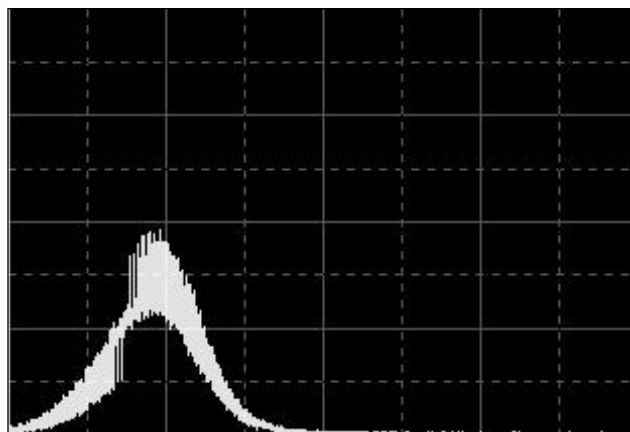
Esta es una imagen posterizada ¡Hay que evitar esto!

¿Cómo podemos evitar el posterizar la imagen? Bueno, primero que nada hay que trabajar a una buena profundidad de bits. PixInsight lo hace a 32bits por canal, lo que nos asegura que podemos aplicar muchos procesos agresivos a la imagen sin degradarla significativamente por errores de redondeo (ver spikes, más abajo). Luego, hay que ser conciente de cuanta información tiene la imagen y no tratar de rescatar cosas que no existen. Generalmente actuar en contra de esto conlleva a resultados con apariencias artificiales o degradadas.

Para evitar los gasps simplemente hay que mejorar los datos originales; ya sea escanear a una mayor profundidad de bits, o guardar siempre en archivos de por lo menos 16bits por canal (cuando estamos trabajando las imágenes). Otra buena opción es integrar varias tomas, para así adquirir más información y rellenar los niveles que estén vacíos.

Spikes

Los Spikes son fenómenos que muchas veces van de la mano con los gasps, si ellos se produjeron por un aumento del contraste en cierta región del rango dinámico. Un spike se identifica como un pico intenso que sobresale de la función de histograma.



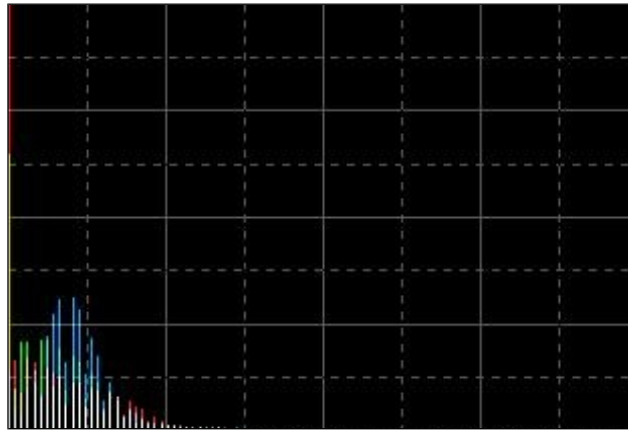
En el centro y a la derecha de la campana se aprecian claramente varios spikes.

Generalmente está asociado con que hemos juntado los pixeles de dos niveles (o más) en uno solo en nuestro manejo. Esto ocurre por una falta de precisión en el programa, o bien que hemos aplicado una función que especificaba dicha mezcla. En PixInsight regularmente no nos debemos preocupar por la aparición de estos fenómenos debido a una falta de precisión. Usar internamente 32bits por canal es una buena garantía en ese sentido. La información que ha sido mezclada en el spike no puede dividirse otra vez en dos o más niveles para recuperar los datos originales, por lo tanto se ha perdido información en la imagen para siempre.

Al igual que con los gasps, hay que tener en cuenta la resolución con la que se está mirando la información... puede que un spike sea en realidad falta de precisión y no pérdida de información. En el ejemplo de arriba, los spikes aparecieron por la falta de resolución en el gráfico del histograma. Como vimos en algunas páginas atrás, si vemos la información a 16bits, estos spikes desaparecen.

Clipping

Se conoce como Clipping a dos spikes en particular: los ubicados en los extremos del rango dinámico. Son picos pronunciados al comienzo o final del histograma. Esto revela que se ha perdido cierta información, ya que dos o varios niveles se han mezclado para quedar totalmente negros o blancos. Esa información también está perdida. Cantidades moderadas de clipping pueden ser aceptables, ya que en general corresponden a pixeles que originalmente, por motivos del ruido de la imagen, tienen dichos valores extremos. De hecho esto explica porqué luego de una reducción de ruido se recomienda redistribuir la información en el rango dinámico (lo que veremos cómo hacerlo más adelante). Tener un clipping que corte la campana del cielo, o que tenga un tamaño muy grande, es una señal inequívoca que hemos perdido verdadera información.



En este ejemplo aparte de estar lleno de gasps, vemos a la izquierda un gran clipping. Las campanas del cielo están cortadas. Esto indica que estamos perdiendo mucha información.

Si el clipping es notorio en los datos originales, es mejor hacer de nuevo la captura o escaneado. Si ocurre después de aplicar un proceso, es mejor deshacer el cambio y revisar los parámetros ingresados, para evitar perder tanta información.

Aunque, ojo, esto es relativo a la precisión con la que se mira el histograma. El clipping será mucho más exagerado en 16bits que en 8bits, ya que comparativamente tendremos más pixeles por nivel a menor precisión, y por ende el tamaño relativo del

clipping será menor. Hay que dibujar el histograma siempre a la resolución apropiada para los datos que tenemos.

Último comentario sobre el clipping. Ajustar "a ojo" los puntos negro y blanco puede provocar grandes clippings, ya que el contraste aumenta, y muchas veces no se aprecian los efectos negativos. Sin embargo, si se realizarán más procesamientos después, hay que evitar que tal cosa ocurra, ya que es probable que el efecto se amplifique y se pierda mucha más información. Por eso, hay que prestar mucha atención a la información estadística que se entrega.

Bueno, ya conocemos las más importantes anomalías que se pueden detectar con los histogramas.

Generalmente, en la ausencia de estas anomalías, el histograma es bastante suave. Si es así, se dice que está "sano". Si el histograma se ve irregular, "ruidoso", puede ser indicador de que hay muy pocos píxeles por cada nivel; estamos viendo a una resolución mayor que la ideal. Por otro lado, mirar el histograma a una resolución menor puede provocar oscilaciones grandes, que tampoco se deben confundir con gaps o spikes.

Otra fuente para histogramas ruidosos, irregulares, es el tener muy pocos píxeles en las imágenes. No hay que confundir un histograma ruidoso con una imagen ruidosa. Recordemos el ejemplo en que comparamos el histograma de una imagen antes y después de reducir el ruido. El efecto es disminuir la dispersión.

Una nota de precaución: en ocasiones una imagen con un histograma irregular, o con anomalías, se puede volver suave luego de guardarla como un archivo JPEG (u otra compresión con pérdida). Este procedimiento no representa una mejora a la imagen, y de hecho siempre denota pérdida de información (la imagen se ha degradado, ha perdido calidad, que se refleja en la aparición de artefactos o pérdida de nitidez). Siempre se deben evitar los formatos con pérdida, y de baja profundidad de bits cuando se trabajan las imágenes.

Nunca hay que olvidar que nuestro objetivo es tener imágenes agradables y no histogramas sanos. El histograma es solamente una herramienta, no el fin de nuestro procesamiento.

Y hablando de procesamiento, veamos qué ajustes podemos realizar gracias al histograma...

Ajustes del Histograma: El Punto Negro y el Punto Blanco

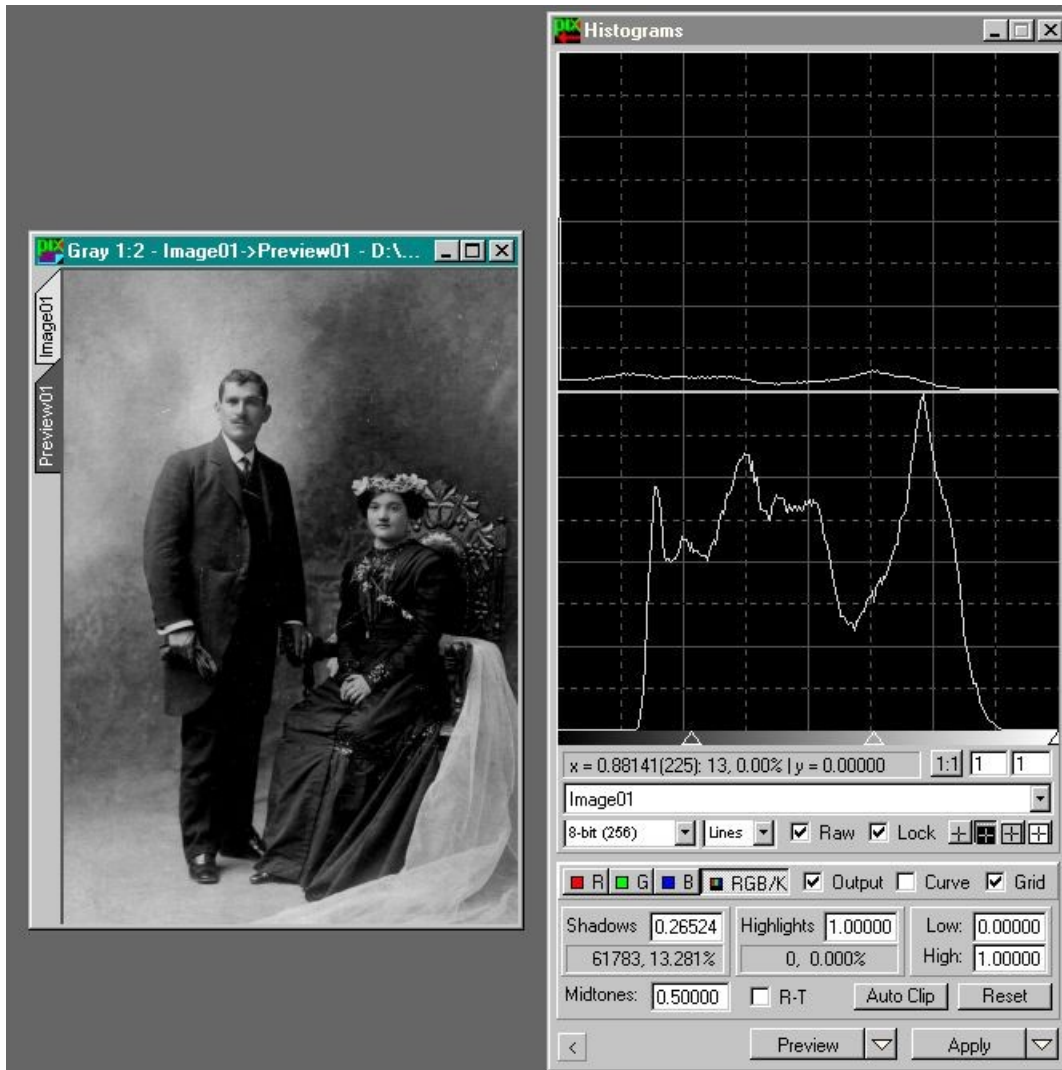
Ajustar los Extremos del Rango Dinámico

El principal ajuste que se puede realizar gracias a la visualización de los histogramas es el recorte del rango dinámico, ajustando sus extremos, para así definir el punto blanco y el punto negro de la imagen. Se entiende por punto blanco al nivel de intensidad para el cual se alcanza el blanco puro en una fotografía. Si existen elementos más brillantes en la fotografía, obviamente quedarán saturados y también se verán blancos. Esto tiene su origen en la fotografía química, cuando uno en la ampliadora decidía cuánto tiempo darle a la exposición sobre el papel. De manera similar, el punto negro corresponde a la intensidad que será negro puro.

Si tenemos una fotografía, y su histograma, la idea es primero decidir dónde estarán ambos puntos (se puede ir probando, por supuesto). Luego, cuando estos se definen, el programa reajusta los extremos del rango dinámico para acomodarse a estos nuevos valores. Todo lo más oscuro que el punto negro quedará sin señal, y lo más brillante que el punto blanco se saturará. Toda la información que está entremedio es reescalada proporcionalmente (linealmente) en el nuevo espacio disponible. Es como si tuviéramos una cuerda elástica de 1 metro, recortamos un poco los bordes, y luego la estiramos para que vuelva a tener un metro.

Pasemos a ver un ejemplo con una fotografía común en blanco y negro para familiarizarnos con la idea. ¿Recuerdan la imagen antigua que dijimos que tenía muy poco contraste?





En PixInsight tenemos tres formas para ajustar el punto negro (y el blanco): El Deslizador, la Caja de Texto y Muestras.

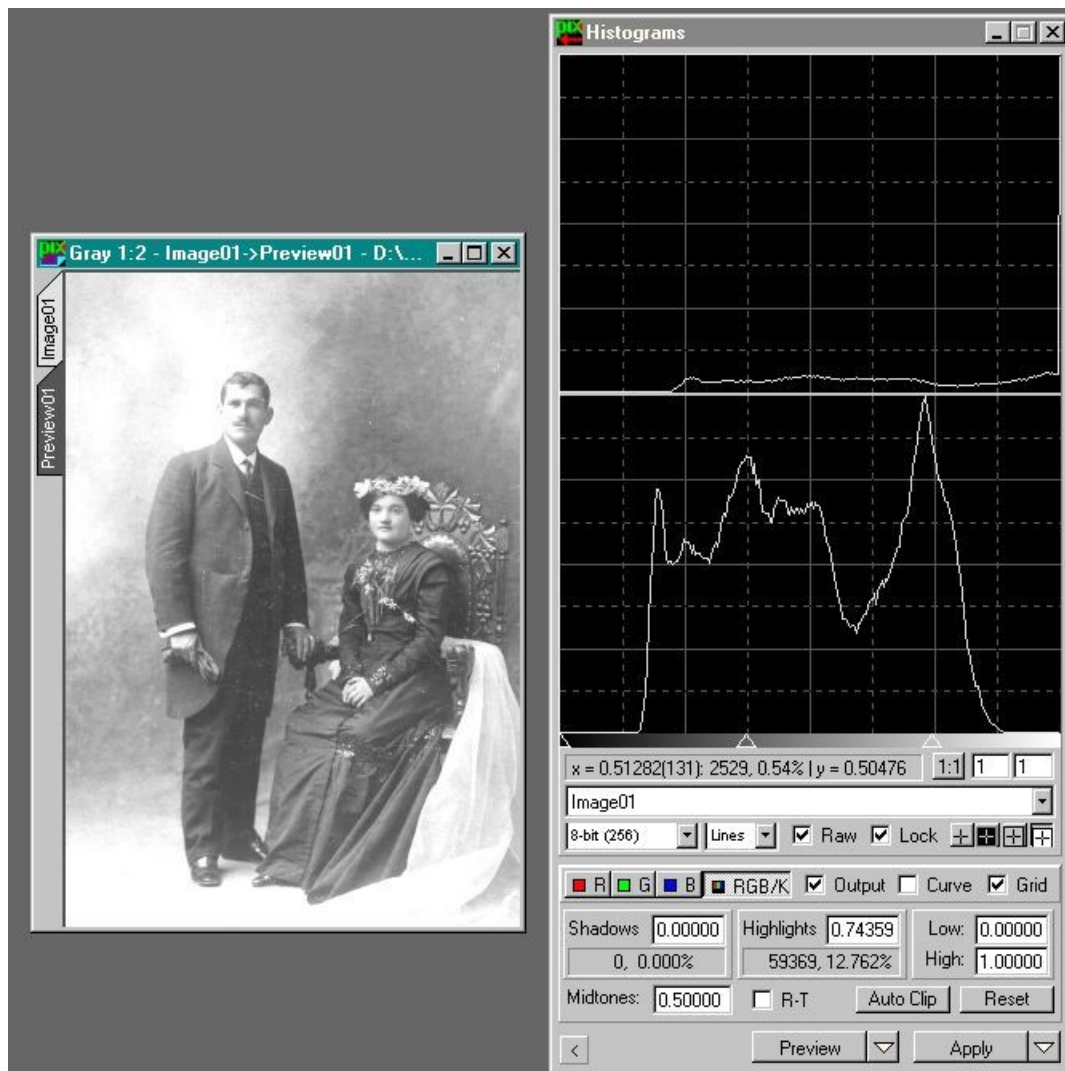
Los deslizadores son figuras triangulares ubicadas justo debajo del dibujo del histograma, donde se aprecia un gradiente de grises. El correspondiente al punto negro es el que se encuentra más a la izquierda. Para modificar el punto negro basta con pulsar sobre el deslizador y arrastrarlo hacia la derecha (o izquierda).

En la caja de texto se puede ingresar directamente la intensidad a la cual se definirá el punto negro. No importando la resolución con que se mire el histograma, o las opciones predefinidas de lectura, siempre esos valores deben estar en el rango normalizado de 0 a 1. La caja que corresponde a este parámetro es la titulada "Shadows", por Shadows Clipping, o corte en las sombras. Justo debajo de esta caja de texto se entrega cierta información estadística que puede ser muy útil: cuántos pixeles se encuentran a la izquierda del punto negro (o sea, cuántos han sido clippeados y dejados como negro puro), y el correspondiente porcentaje que representan. La caja y el deslizador se encuentran enlazados automáticamente. Cualquier cambio que se haga en alguno de ellos se reflejará en el otro.

El tercer modo para ajustar el punto negro es utilizar las muestras. Esto requiere que el usuario decida qué elemento de la imagen será negro puro. Para activar este

modo hay que pinchar en la segunda cruz (la del cuadrado negro) a la derecha de la caja de verificación "Lock". Una vez en este modo, al presionar el botón izquierdo del mouse sobre la imagen se seleccionará la intensidad de los píxeles bajo esa ubicación como el nuevo punto negro. El deslizador y la caja de texto responden automáticamente a esto, actualizándose.

En este ejemplo, se ha utilizado el modo de muestras para seleccionar parte del pantalón como el punto negro. El resultado de esta selección se puede ver a la izquierda, aplicado sobre una previsualización. Arriba del histograma donde se realizan los cambios se muestra una predicción del histograma del resultado (para verlo hay que activar la casilla "Output"). Vean cómo se ha redistribuido la información, y cómo ha aparecido un gran pico a la izquierda, revelando el clipping que hemos hecho.

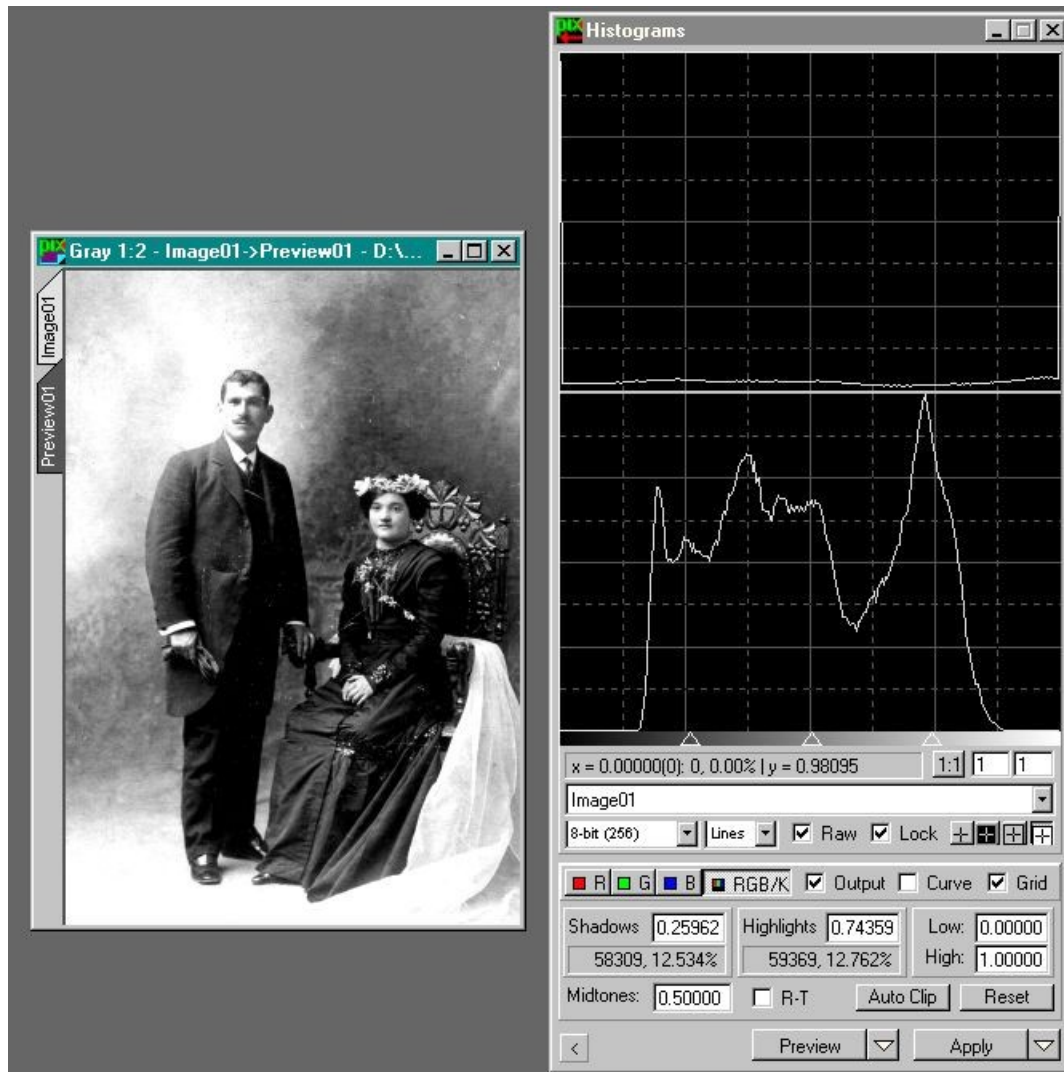


De manera completamente análoga se define el punto blanco. El deslizador correspondiente es el que está más hacia la derecha. Su caja de texto es la del título "Highlights", ya que es un corte en las luces altas. Vean que también entrega la información estadística de los píxeles saturados.

Finalmente, el modo de muestras se activa con el cuadrado blanco, a la derecha del que usamos antes para ajustar el punto blanco.

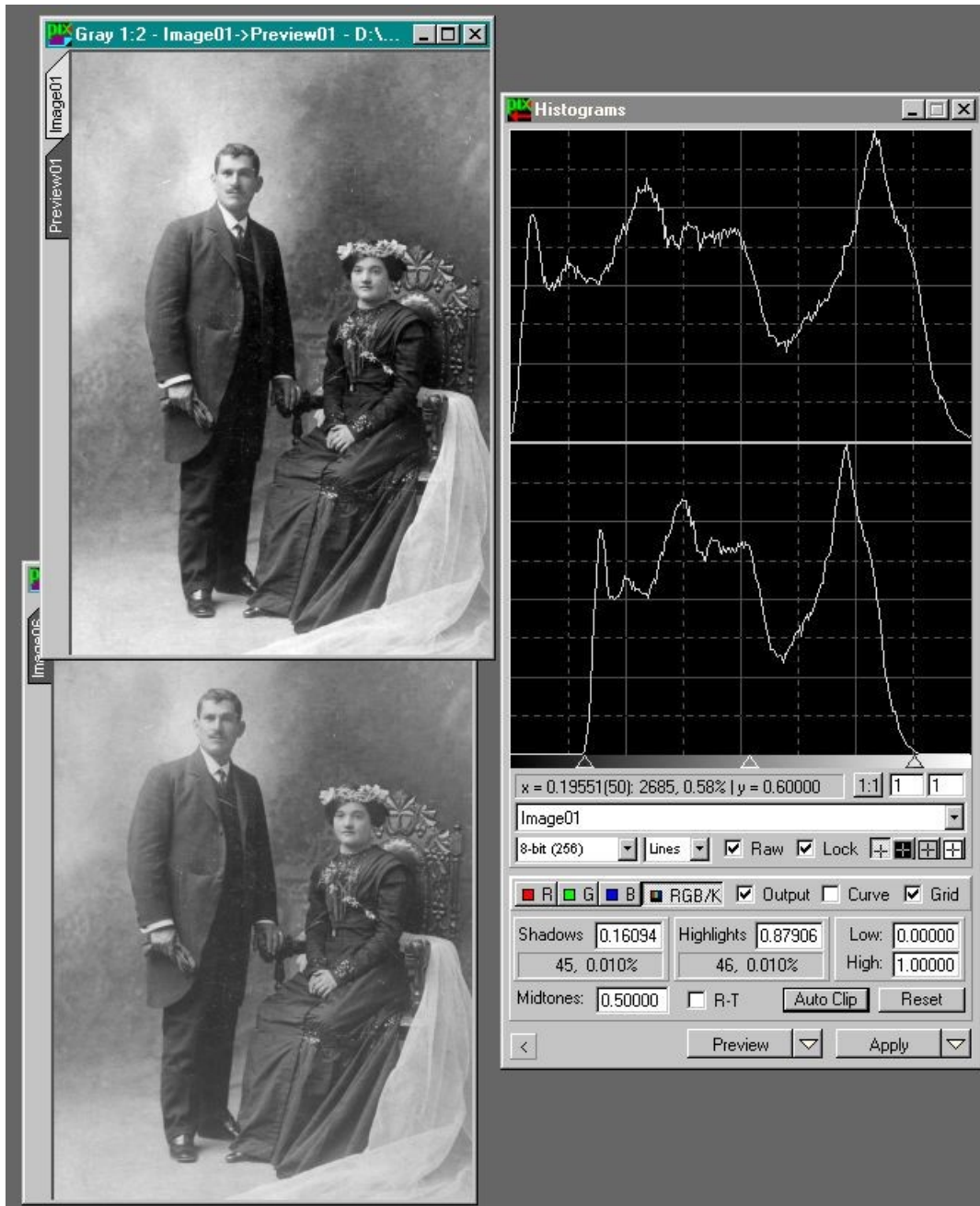
Ahora hemos dejado el punto negro sin cambios, pero el punto blanco ha sido modificado para que corresponda a parte de la sábana o paño, en la parte inferior de la imagen. Notar también la predicción del histograma.

Comparemos ahora ambos resultados. Debido a que se ha recortado el rango dinámico, y la información se ha redistribuido en un mayor espacio, ambos ajustes dan a lugar a un incremento del contraste. Sin embargo, ajustar el punto negro oscureció toda la imagen, mientras que ajustar solamente el punto blanco la hizo más brillante.



¿Podemos ajustar ambos puntos al mismo tiempo? Por supuesto que sí, y aquí está el resultado. El incremento en contraste es enorme. Vean como es el histograma de salida, la cantidad de información clippeada en ambos extremos es demasiada.

Esto es un ejemplo de sobre-procesamiento, algo que hay que evitar.



En PixInsight existe también una cuarta manera de ajustar los extremos del rango dinámico: "Auto Clip". Vean que abajo, a la izquierda del botón "Reset" se encuentra este botón. Su funcionamiento es el siguiente: uno define cierto porcentaje a cortar en cada extremo, y al presionar este botón el programa busca la intensidad para la cual se alcanza este corte. Por defecto el porcentaje que se utiliza es 0, con lo cual no se corta ningún pixel, pero se utiliza todo el espacio del rango dinámico que se ha desaprovechado. Para cambiar el porcentaje tenemos que presionar el botón "Ctrl" en nuestro teclado. Veremos que el botón "Auto Clip" mostrará ahora el nombre "Setup". Manteniendo Ctrl presionado hacemos click ahí, y se abrirá una ventana donde podremos hacer los ajustes que queramos.

En este ejemplo, usando un Auto Clipping de 0.010% en ambos extremos da a lugar un ajuste que es bastante correcto para esta imagen. Arriba se ve la imagen ajustada, y abajo la original. Vean cómo se ha ganado contraste, sin perder detalles. Así mismo, el nuevo histograma ocupa todo el espacio disponible, sin revelar clipping significativo.

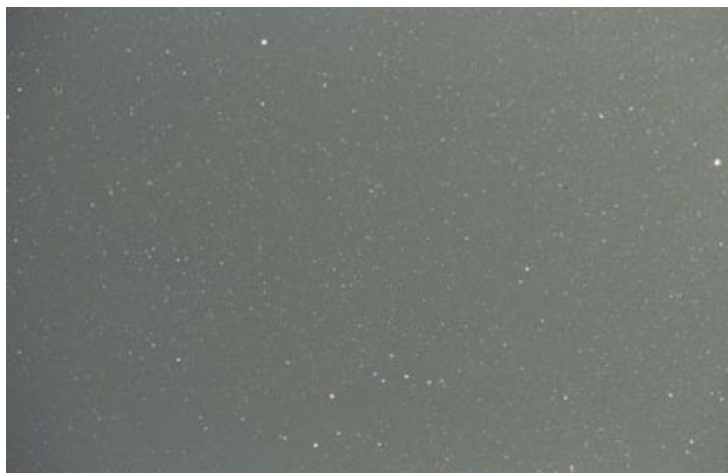
¿Por qué usar un autoclipping distinto de 0, si queremos mantener intacta la información? Idealmente, para preservar toda la información deberíamos usar el valor 0, sin embargo existe un elemento que por desgracia se encuentra en todas las imágenes: ruido. Este elemento hace que los pixeles varíen de alguna manera su intensidad. Así, hay algunos que tomarán valores demasiado oscuros y otros muy brillantes, no correspondiendo para nada con elementos o intensidades reales. Así, incrementar levemente el auto clipping es como decirle al programa: "yo sé que hay un poco de ruido, ignora tantos pixeles, porque yo sé que no es información real". Esto lleva a ocupar mejor el espacio disponible, sin degradar la imagen. Por supuesto que este valor hay que ajustarlo con cuidado... y debería corresponder a las propiedades de la imagen. No obstante lo dicho, personalmente he comprobado que valor usado ahora, de 0.010% funciona extraordinariamente bien en la mayoría de los casos.

Astrofotografías

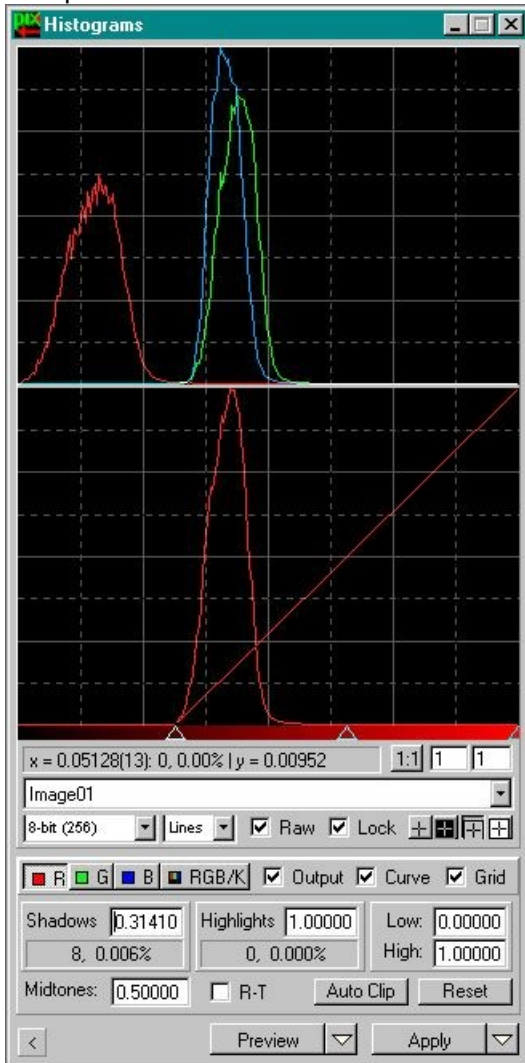
Espero que el concepto para imágenes en escalas de grises esté claro. Tales ajustes los debemos hacer en el canal K, ya que no tenemos otra alternativa, pero el asunto se puede complicar bastante en imágenes a color. ¿Cómo funciona aquí el ajuste de los extremos del rango dinámico? ¿Sobre qué canales trabajar, cada uno por separado o el compuesto?

Lo ideal es trabajar sobre cada canal por separado, ya que así se tiene mucho mayor control sobre lo que se está haciendo. Sin embargo, si eso no se realiza con cuidado se puede introducir una tonalidad incorrecta a la imagen. Si se está recién partiendo, quizás sea mejor adquirir experiencia primero en el canal RGB compuesto y más adelante atreverse a modificar cada canal por separado.

Bueno, trabajemos sobre una imagen astronómica sencilla para familiarizarnos ahora con el trabajo a color. Esta toma se realizó desde un lugar fuertemente contaminado lumínicamente, de ahí su tonalidad verdosa.



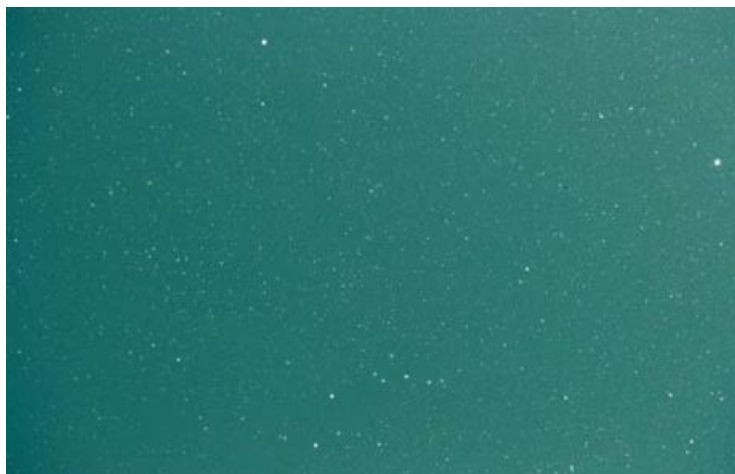
Empecemos ajustando el punto negro para el canal rojo. Para imaginarse lo que ocurre, hay que pensar en cada canal como una imagen en escala de grises independiente.



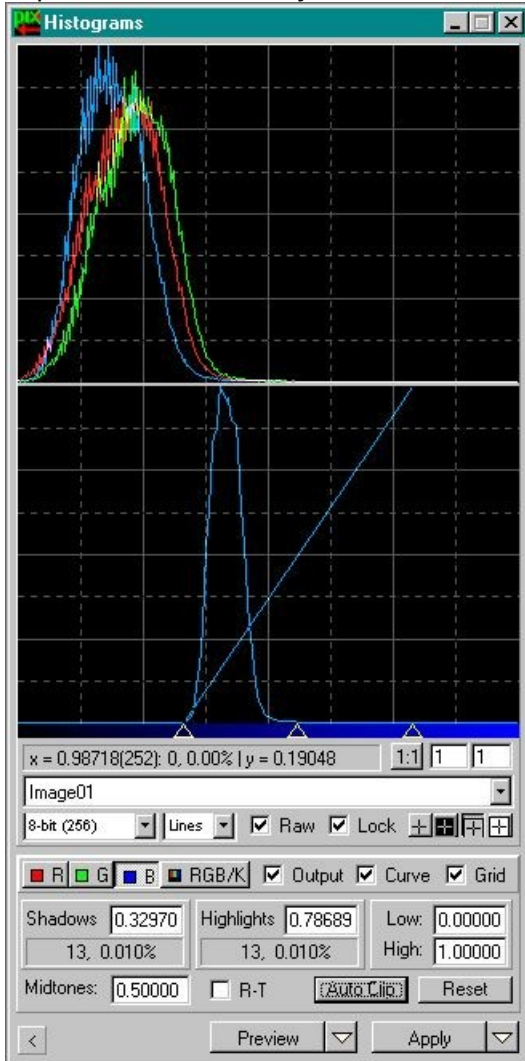
Ya que sabemos que en las astrofotografías el elemento más oscuro es siempre el cielo, la elección más obvia es llevar el deslizador del punto negro al lugar donde la campana correspondiente al cielo empieza a subir. Así, nos aseguramos de no estar perdiendo información.

Arriba se puede ver cómo en el histograma de salida (el predicho), se ha redistribuido el canal rojo.

A continuación vemos cómo se vería la imagen si aplicamos esta transformación. Esa tonalidad verdosa/cyan es fácilmente explicable



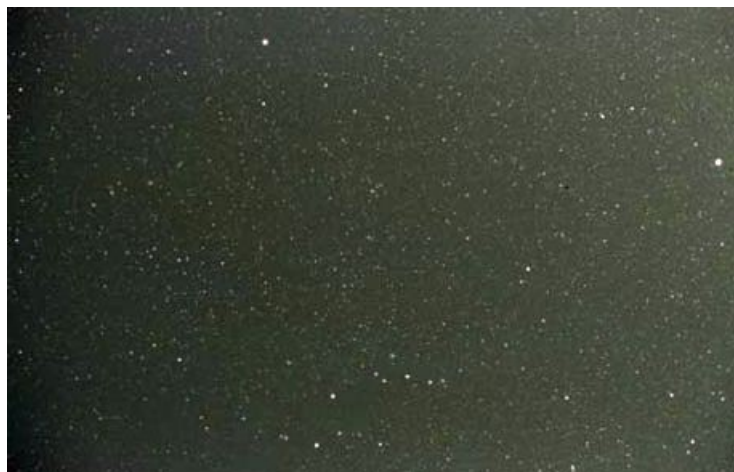
Ajustar el punto blanco es más complicado, ya que el gráfico del histograma no nos ayuda mucho, ya que las estrellas acumulan muy pocos píxeles. Por eso, hay que prestar mucha atención a la información estadística que se entrega, e ir prevvisualizando los resultados para comprobar que las estrellas no se han saturado. Nuestra intención no es quedarnos con discos planos blancos, sino que tener un aspecto más natural, y sobretodo mantener la tonalidad intrínseca de la estrella.

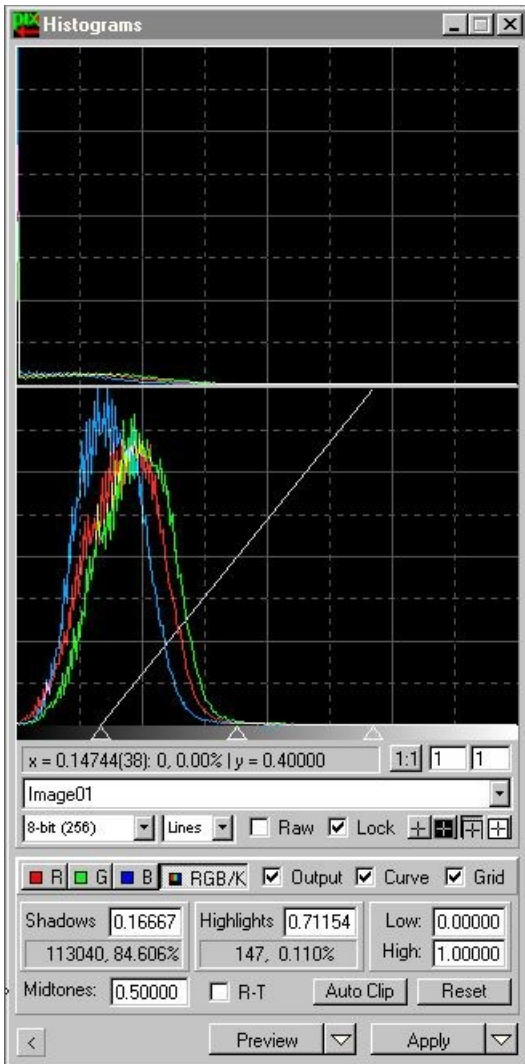


Nuevamente con la ayuda del Auto Clipping, al 0.01% hemos ajustado todos los canales rápidamente. En imágenes a color, Auto Clip trabaja de forma independiente (y automáticamente) sobre los tres canales individuales. Vean como arriba, el histograma de salida nos muestra ya el histograma optimizado.

A continuación está el resultado de esta operación.

La tonalidad del cielo todavía no es correcta, pero esto ya es una gran mejora con respecto al original, ¿no? Más adelante trataremos de arreglar eso.





Veamos ahora el siguiente ajuste:

Sobre los ajustes realizados automáticamente en el ejemplo anterior, ahora ajustamos los puntos negro y blanco en el canal compuesto RGB. El histograma de salida nos revela lo desastroso de esto.

Y abajo está la imagen... por supuesto, esto es para demostrar por qué hay que evitar esto, y para dar una advertencia sobre el funcionamiento interno de los ajustes del histograma (a continuación).



El lado izquierdo ,más oscuro, ha sido clipeado y ahora el cielo es completamente negro. Muchas estrellas ahora son discos planos de blanco puro. Todo esto hay que evitar. Este acto conlleva una pérdida severa de información, que no se puede recuperar por ningún medio.

En PixInsight hay que tener en cuenta siempre que los cambios realizados sobre los canales individuales "siempre" se llevan a cabo "antes" que sobre el canal compuesto RGB. Por eso, por coherencia interna, el histograma original que se muestra por defecto en el canal RGB compuesto es en realidad la predicción luego de haber modificado los canales individuales. Si queremos ver el verdadero histograma original, sin ningún cambio, hay que activar la casilla "Raw". Sin embargo, hay que tener en cuenta el orden con el que actúan los cambios, y no cometer el error de sin advertirlo tratar de aplicar un cambio dos veces, ya sea ajustar algún extremo o el balance de tonos medios. Por eso, hay que prestar atención a la información estadística y al histograma de salida.

Ajustes del Histograma: Balance de Tonos Medios

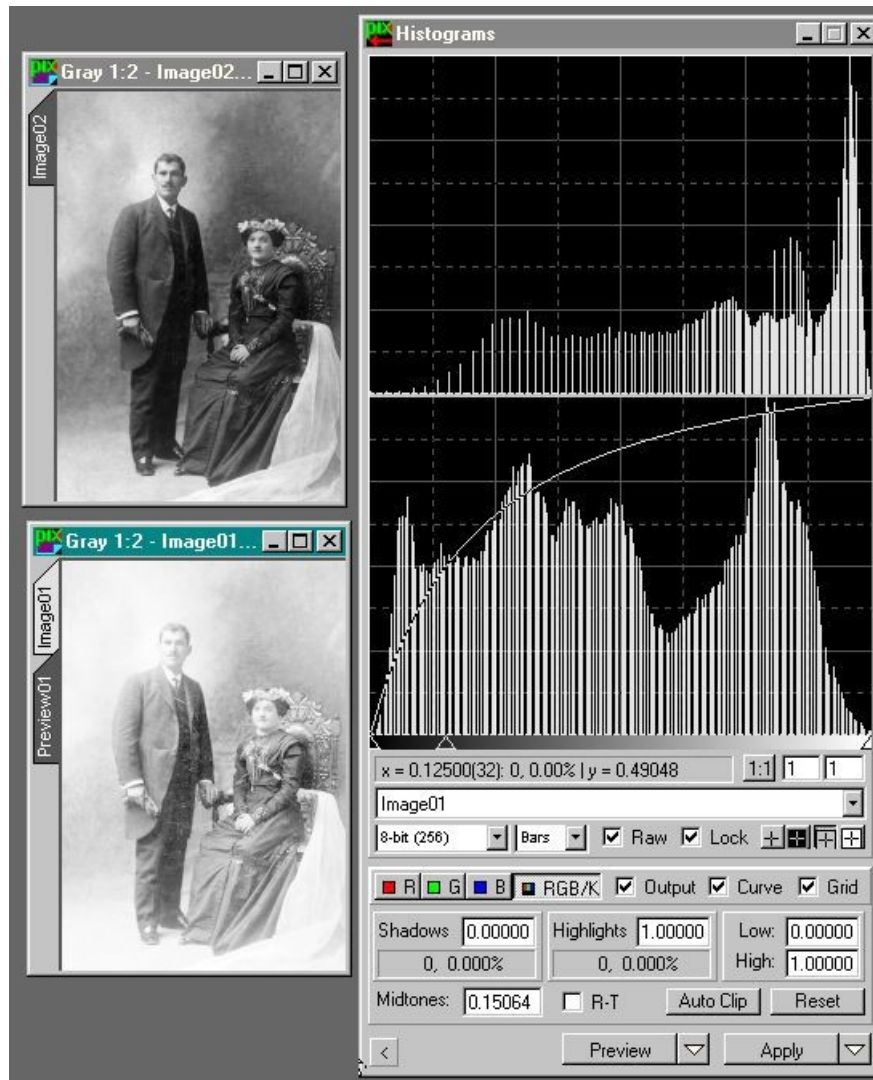
El Balance o Ajuste Gama

Luego de que se han redefinido los extremos del rango dinámico (punto negro y punto blanco), el balance de tonos medios entra en juego. En la sección anterior dijimos que la información es reescalada de forma lineal en el nuevo espacio. Pues este parámetro permite cambiar eso y así los píxeles pueden tomar valores distintos, oscureciendo o aclarando la imagen a gusto. Podemos entender el actuar de esta función como si tomara la nueva distribución y luego comprimiera una región del histograma y expandiera la otra. Es como tener un resorte con los extremos fijos. Agarrémoslo del medio y llevemos esa sección hacia algún extremo. Ese lado se verá comprimido (se vuelve más denso), mientras que el opuesto se expande.

El balance de tonos medios también es conocido en algunos programas como "Ajuste Gama". Este nombre viene de la función que se utiliza para representar esta compresión, y que es la que se usa para caracterizar la respuesta de monitores y otros sistemas de visualización. En realidad esa función no es nada más complicado que una potencia [x^n]. En general, la respuesta de los monitores tiene un valor de gama de 2.2, lo que significa que se utiliza la función $x^{2.2}$ para redistribuir los valores de las intensidades y así se vean correctas al ojo del usuario.

PixInsight no acepta valores clásicos de gama para el balance de tonos medios. De hecho, no usa la función gama para redistribuir los valores, sino que otra muy similar. Los valores que se entregan deben estar entre 0 y 1. A este valor le podemos dar dos interpretaciones: es el porcentaje del rango dinámico que estará bajo el gris medio, o bien más simplemente como que los píxeles que antes tenían ese valor ahora son grises medios (0.5). Ojo que ambas interpretaciones se refieren al rango dinámico redefinido, no al original.

Veamos un par de ejemplos:



Valores del balance de tonos medios menores a 0.5 aclaran la imagen. En este ejemplo se puede ver, además, cómo se comprime la información en cierto sector, mientras que en otro se expande. Esto está muy relacionado con contrastes locales. Donde se comprime la información se pierde contraste (en las luces altas, en este caso), mientras que si la expandemos el contraste aumenta (aquí, en las sombras).



Este es el ejemplo contrario. Valores sobre 0.5 oscurecen la imagen, invirtiéndose ahora la ganancia o pérdida de contraste.

A diferencia de los otros parámetros que se utilizan con los histogramas, el balance de tonos medios no realiza cambios en los extremos del rango dinámico. No se pierde información debido a clipping. Y de hecho, incluso con valores muy agresivos tampoco debemos temer que perdamos información por errores de redondeo (recordemos a los spikes). Un ejemplo de esto lo pueden ver en el tutorial sobre flats en fotografías químicas escaneadas.

Esta propiedad de estar libre de errores de redondeo, que es la esencia del paradigma de usar precisiones de 32bits o más, permite no sólo que muchos procesos y funciones (como el balance de tonos medios) se pueda deshacer totalmente con algún proceso inverso, sino que tampoco debemos temer que aplicar muchos cambios sobre la imagen, leves o agresivos, pueda dañarla o degradarla.

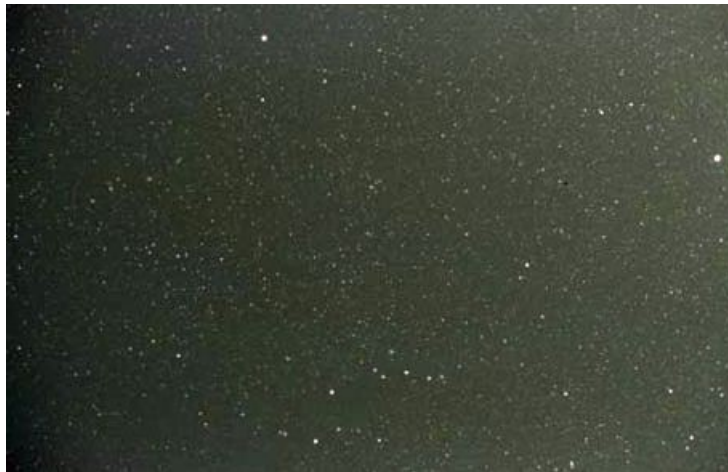
La forma de deshacer un cambio del balance de tonos medios, usando otro cambio de tonos medios, es fijar como valor a "1-x", es decir, la diferencia entre el valor previamente utilizado y uno.

Quizás lo único que falta por decir ahora es solamente unas palabras de precaución: los ajustes del balance de tonos medios actúan de forma global, esto significa que son aplicados sobre toda la imagen y sobre toda intensidad. Si se quiere ajustar una tonalidad en una imagen color, hay que tener mucho cuidado, ya que se podría desbalancear el color de la imagen en otras intensidades, introducir tonos extraños, u otros efectos adversos. Para hacer estos ajustes de tonalidades existen otras herramientas más eficientes, que pueden actuar de forma más local, como las curvas. De forma complementaria, utilizar máscaras puede ser una buena alternativa para no afectar negativamente a la imagen si se desea utilizar el balance de tonos medios.

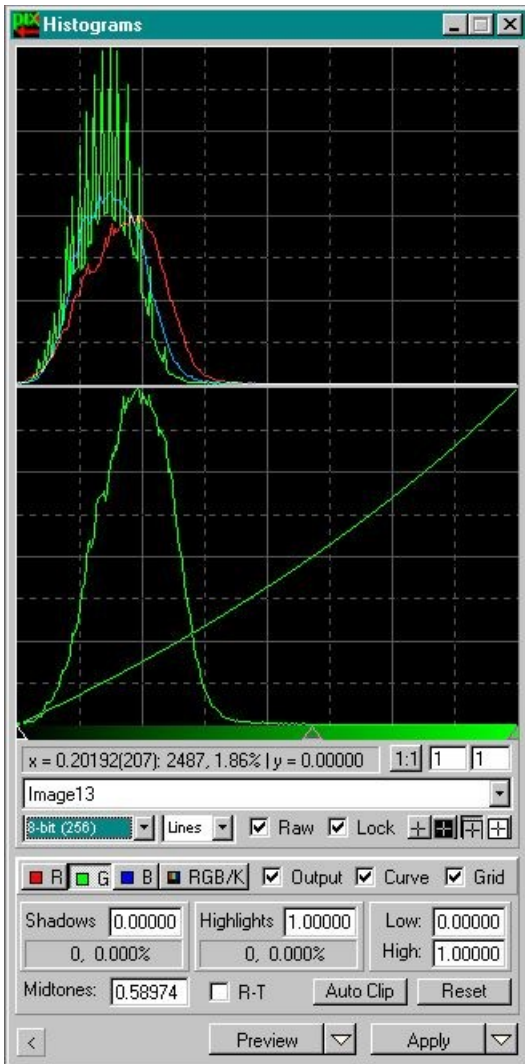
El balance de Tonos Medios en Astrofotografías: Ajustar el cielo

Gracias al despliegue del histograma de la imagen, en imágenes a color es muy fácil usar este ajuste para corregir tonalidades incorrectas del cielo. En la mayoría de las astrofotografías, para reconocer el cielo en el histograma basta con buscar la campana gaussiana que se encuentre más a la izquierda, y que generalmente es la que acumula mayor cantidad de píxeles. Luego, comparando sus dispersiones y valor máximo (pico central), se puede saber cuál es el color dominante y qué es lo que se debiera hacer para obtener el tono de nuestro agrado.

Tomemos la siguiente imagen como ejemplo, que viene del capítulo anterior, que ya tiene los extremos del rango dinámico ajustados.



A simple vista se aprecia una tonalidad verdosa... tratemos de corregirla.

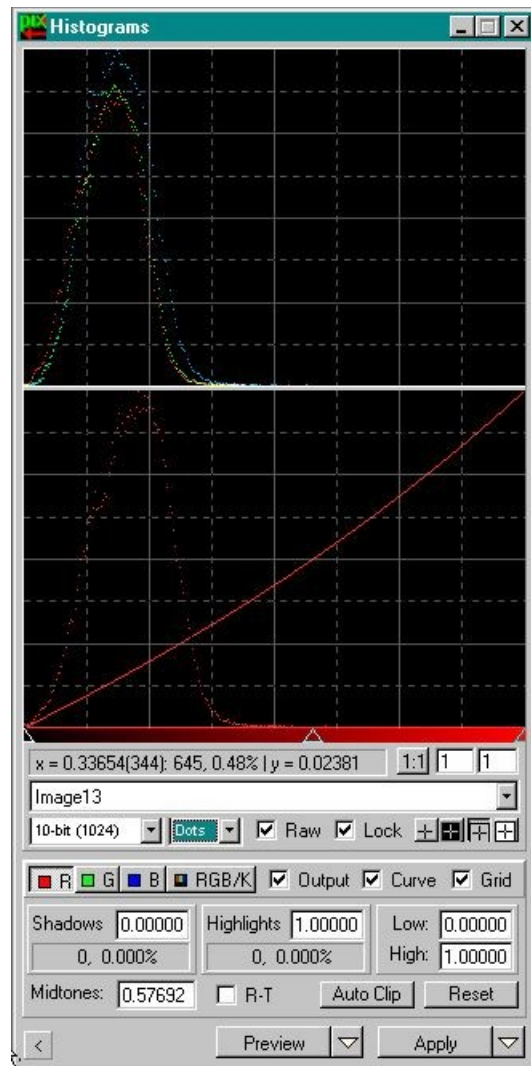


Ya que el verde era la tonalidad que dominaba, trabajemos primero sobre este canal. A la izquierda vemos cómo usar valores del balance de tonos medios superior a 0.5 oscurecen el canal. En este caso, nuestra intención es dejar una leve dominante azul, así que desplazamos la campana verde del cielo hacia la izquierda (oscureciendo los tonos medios) hasta que se encuentre un poco hacia la izquierda del azul. Ahora vemos en el histograma de salida que el canal rojo pasó a ser el dominante, así que también hay que ajustarlo.

Para facilitar la visualización de los datos cambiamos a mostrar puntos, y una resolución de 10bits.

Oscurecer ahora el canal rojo, dejando el pico del cielo de ese color ahora como el más oscuro, da a lugar el balance de tonos deseado. Los tres máximos están muy cercanos, con dispersiones parecidas, así que podemos estar razonablemente seguros de que el resultado tendrá un cielo muy neutro, levemente azul.

Veamos a continuación el resultado de estos cambios.





Y así vemos confirmadas nuestras suposiciones. Si quisiéramos podríamos ajustar el balance de tonos medios del canal compuesto RGB para variar el brillo general del cielo. Al igual que con el ajuste de los extremos del rango dinámico, esto se realiza después de modificar los canales R, G y B individuales.

Un tema pendiente es el balance de colores de las estrellas. Ya que el balance de tonos medios es un ajuste global, es imposible que con el mismo ajuste podamos dejar bien ambas cosas (a menos que tengamos mucha suerte), así que eso hay que dejarlo pendiente para otras herramientas, en particular las curvas. De hecho, muchas veces es mejor corregir el balance cromático del cielo con tales herramientas, ya que usando los histogramas se desbalancean demasiado otros objetos. Esto ocurre típicamente en casos como este donde el cielo tiene contaminación lumínica, o por alguna otra razón algún color es demasiado dominante y hay que hacer cambios muy grandes. También depende de la película utilizada, el revelado, los filtros usados, y un gran etcétera.

La interfaz de PixInsight permite visualizar el histograma de imágenes y previsualizaciones, actualizándose automáticamente si hay algún cambio (y si tenemos tal imagen o previsualización seleccionado en la ventana de histogramas). Así, podemos verificar si los ajustes de curvas, por ejemplo, logran el balance adecuado, o comprobar que algún proceso no esté cortando (clippeando) información.

El Balance de Tonos Medios en Astrofotografías: Primer ajuste de una imagen CCD

Otra aplicación muy común del balance de tonos medios es el realizar el primer ajuste de una imagen CCD, para que se vea de manera más familiar. Ya que la información capturada por cámaras CCD se guarda de forma lineal, el aspecto que tienen esas imágenes es bastante poco natural, muy oscuras. Entonces, como un primer ajuste "bruto", se puede usar el balance de tonos medios para lograr que el cielo adquiera una intensidad más acorde, y los objetos se vuelvan visibles.

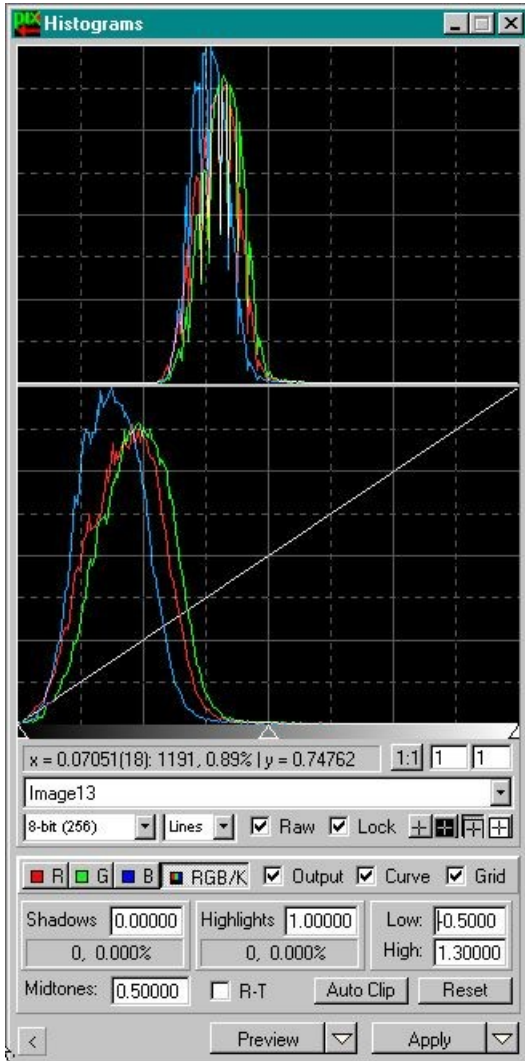
Este ajuste puede ser muy severo... pero no hay de qué preocuparse. Si están bien ajustados los extremos del rango dinámico, no se debería perder información.

Recordemos que si baja mucho el contraste en las luces altas, podemos usar las curvas u otro proceso para mejorar eso. Tal como se dijo al principio, este es sólo un primer ajuste, para reescalar la información a una forma más cómoda para trabajar y visualizar.

Ajustes del Histograma: Extensión del Rango Dinámico

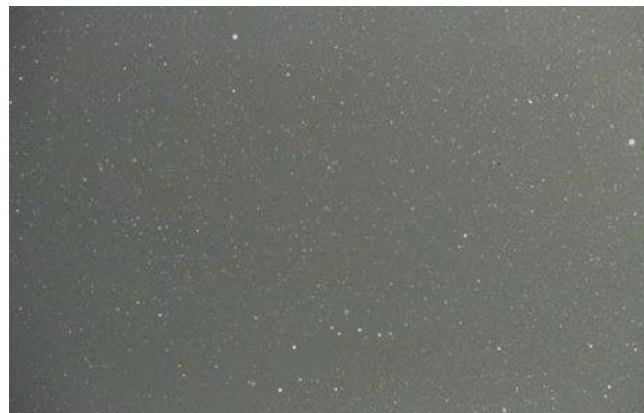
¿Comprimir los datos?

Este tercer tipo de ajustes, los últimos que haremos en la ventana de histogramas, está muy relacionado con la idea de ajustar los extremos del rango dinámico. Esta vez, en vez de comprimir los extremos para redistribuir los valores en un mayor espacio, vamos a extender los extremos, comprimiendo ahora la información. Como ya podrán suponer, esto inevitablemente conlleva una pérdida de contraste...



Tomemos la imagen del cielo, con los extremos previamente ajustados (punto negro y blanco). La Extensión del rango dinámico se lleva a cabo únicamente en las cajas de texto tituladas "Low" y "High", que respectivamente amplían el rango dinámico a la izquierda y a la derecha. Como siempre, los valores se entregan con respecto al intervalo normalizado.

La extensión se realiza al introducir el nuevo valor de cada extremo. En este ejemplo, hemos añadido 0.5 a la izquierda, y 0.3 a la derecha. La información, ahora en un rango de largo "1.8", es reescalada nuevamente al rango normalizado, tal como se ve en el histograma de salida.

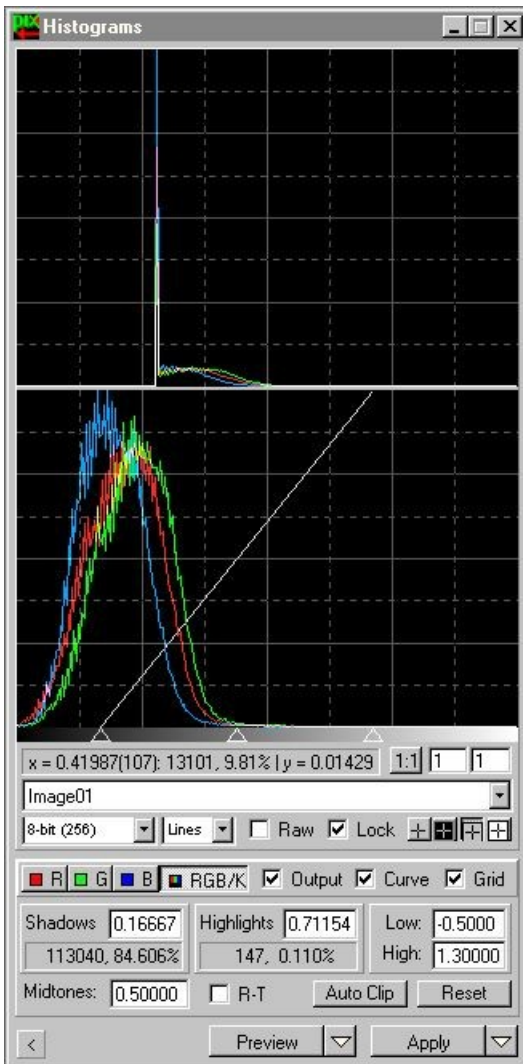


La imagen se ve mucho menos contrastada, pálida.

El espacio que se agrega a ambos lados está vacío, es decir, no existen píxeles que tengan esos valores, por ende el nuevo rango dinámico tendrá espacio sin utilizar.

Además, no hay que olvidar que la extensión del rango dinámico es el último de los tres ajustes en realizarse, por lo que si hemos ajustado el punto blanco o negro, píxeles que se han clippeado seguirán en el mismo nivel, y no se distribuirán como si el ajuste de dicho punto hubiera sido distinto.

Aclaremos esto con el siguiente ejemplo:



En este caso estamos trabajando sobre la imagen original, sin ningún cambio. Si ajustamos el punto negro y el punto blanco con "Auto Clip", dejando la opción "Raw" sin activar, el histograma de abajo nos mostrará los cambios aplicados.

Ahora, si realizamos un nuevo ajuste, manual de ambos puntos en el RGB compuesto, estaremos clippeando mucha información.

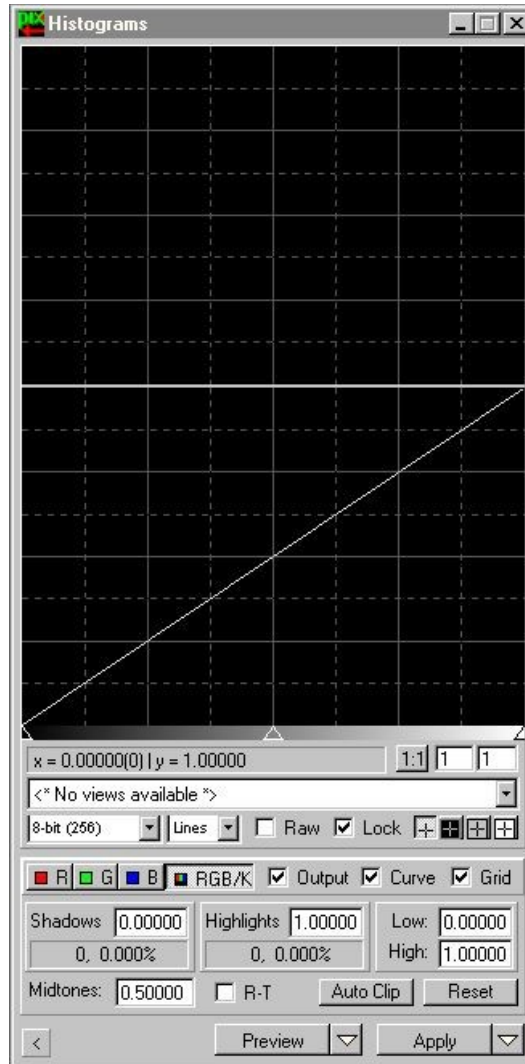
Extender el rango dinámico no deshace este corte, sino que actúa de forma independiente, en último lugar. El histograma de salida refleja fielmente esto. El resultado de eso es exactamente igual a la imagen que vimos más arriba.

Si estamos perdiendo contraste, metiendo espacio sin utilizar, ¿para qué querríamos expandir el rango dinámico?

Pueden haber ocasiones en que un proceso, como las deconvoluciones, o wavelets, necesite un mayor espacio para distribuir la información, y por eso, para evitar saturar los objetos, o ennegrecerlos completamente, hay que usar esta opción para proteger nuestra imagen.

El Histograma en PixInsight

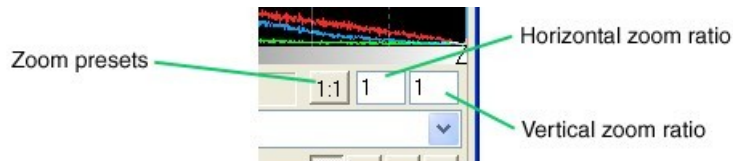
Elementos de la Interfaz



Para terminar este tutorial, revisemos algunos elementos que han quedado pendientes de la interfaz de la herramienta de histogramas, tal cual ha sido incluida en PixInsight LE 1.0.1, y PixInsight STD hasta la presente edición de pruebas (build 132).

Navegar el Histograma

Los histogramas se pueden visualizar e inspeccionar de la misma manera en que lo hacemos con imágenes. Esto significa que podemos incrementar el acercamiento, movernos con barras de desplazamientos, activar el modo "Pan", etc.



Los controles de aumento permiten variar el tamaño con el cual se dibuja el histograma. Se puede incrementar el aumento independientemente en el eje vertical y el horizontal, variando la caja de texto correspondiente. Arriba vemos dónde están ubicados estos controles. A la izquierda de ambas cajas hay un botón con el texto 1:1. Al presionarlo se vuelve al tamaño normal.

Si presionamos la tecla "Ctrl" este botón cambiará su funcionalidad y texto para permitir un zoom de 2:1. Si presionamos "Shift+Ctrl" esto cambiará a 4:1.

Además, al igual que con imágenes, podemos activar modos de navegación de los histogramas usando combinaciones de teclas:

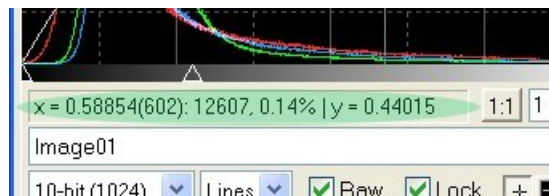
"Ctrl+Espacio": Acercar (pulsar sobre una región del histograma y se agrandará)

"Ctrl+Alt+Espacio": Alejar

"Espacio": Pan (si se presiona sobre el histograma se puede arrastrar la visualización)

Panel de Información

Cada vez que pasamos el cursor por sobre el histograma se entrega en tiempo real cierta información con respecto a dicha posición en el llamado "panel de información":



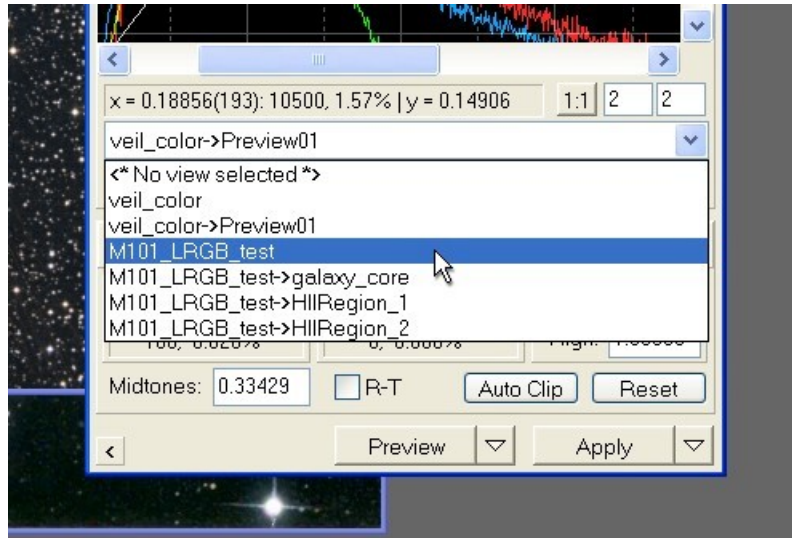
Esto corresponde principalmente a las coordenadas del cursor y la información estadística de los pixeles ubicados bajo él.

Textualmente, para este ejemplo, dicha información se lee: Para la intensidad 0.58854 (que es equivalente al nivel 602 en 10bits [ver la resolución actual]) existen 12607 pixeles con el mismo valor, lo que corresponde a un 0.14% del total de pixeles de la imagen. Además, el cursor está actualmente sobre la altura 0.44015.

El valor de la altura corresponde a una intensidad relativa. En realidad este valor no tiene mucho significado, más que para hacer comparaciones.

Seleccionar Imágenes

Para poder ver el histograma de una imagen o previsualización se debe seleccionar desde la lista a continuación:



Allí se colocan todas las imágenes y previsualizaciones, ordenadas por ventanas de imágenes. Una vez se selecciona una imagen (o previsualización) se calcula automáticamente el histograma. Si dicho histograma ya se ha calculado previamente, y la imagen no ha sufrido cambios, se recuperará dicho histograma de la memoria, y no se recalculará. En el menú "Edit" de la ventana principal encontraremos una opción para borrar de la memoria estos cálculos.

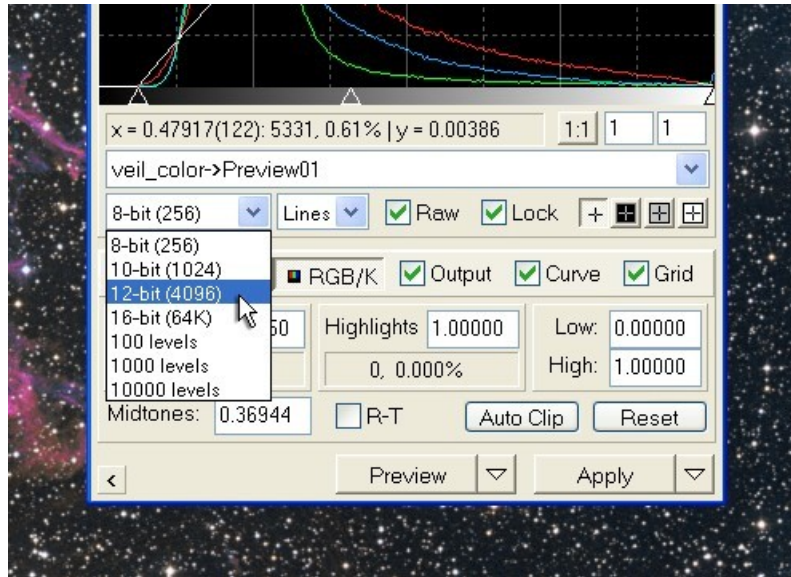
Cuando tenemos seleccionada una imagen, cualquier cambio realizado sobre ella ocasionará que el histograma será recalculado automáticamente, incluso ajustes de histogramas. Es más, puede estar cerrada la ventana de histogramas, pero aún así se recalcularán los histogramas. Por eso, si ya no necesitamos ver el histograma de una imagen (o previsualización), para ahorrar tiempo debemos elegir la opción "No view selected", y así dejar vacía esta ventana.

Si tenemos seleccionada una imagen, o previsualización, podemos hacer interactuar los histogramas con otros procesos. Como cada vez que hacemos un cambio sobre la imagen seleccionada se recalculan los histogramas, podemos usar esto para ir verificando que no perdemos información, comprobar el balance de colores, buscar anomalías, o simplemente ver el estado general para saber qué está pasando. Si ya no queremos usar los histogramas no basta con cerrar la ventana, no hay que olvidar deseleccionar las vistas ("No view selected").

Cabe hacer notar que al igual que todos los procesos en PixInsight, los parámetros de ajustes son independientes de las imágenes. Podemos abrir la ventana de histogramas y modificar los valores de los parámetros y visualización sin tener siquiera una imagen abierta. Podemos incluso crear y guardar íconos de proceso. Es crucial asimilar la idea de la independencia de los objetos en PixInsight para sacarle el máximo de provecho a la interfaz.

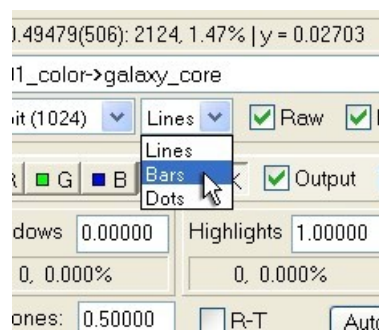
Resolución

Si bien los histogramas son siempre calculados con una profundidad de 16bits, se permite visualizar el gráfico con resoluciones menores, derivadas del cálculo anterior. Estas resoluciones corresponden a resoluciones binarias usadas muy comúnmente por archivos y dispositivos de captura para obtener y guardar los datos. Además, se han incluido algunas resoluciones basadas en potencias de 10.



Tipo de Gráfico

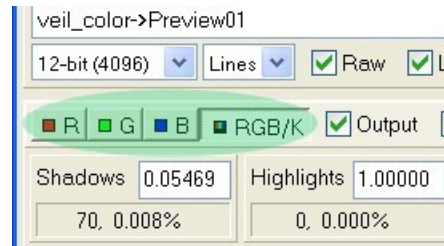
Como se mencionó antes, se permite dibujar el histograma como líneas que unen los datos, puntos o barras. La elección del tipo de gráfico dependerá de lo que queramos analizar, y cuál nos facilita más el trabajo.



Seleccionar el Canal

Para imágenes en escalas de grises sólo se aplican los cambios realizados en el canal K, que comparte el set de datos con el RGB compuesto.

Imágenes a color, además del RGB compuesto, tienen accesibles tres canales independientes, correspondientes al espacio de color RGB.



Nunca hay que olvidar que en este tipo de imágenes todos los cambios realizados en los canales individuales se aplican antes que el RGB compuesto. De más está decir que ajustar los canales individualmente es la forma recomendada para obtener los resultados idóneos.

Histograma de Salida (Output)

A la derecha de los selectores de canal tenemos una caja de validación titulada "Output". Esta caja activa o desactiva el histograma de salida, que es la predicción del histograma luego de aplicar todos los cambios. Este histograma siempre se ubica sobre el original, con el que estamos trabajando.

Curva

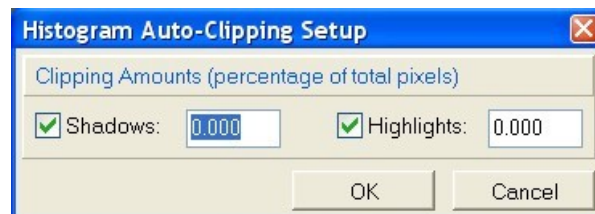
Esta otra caja de validación activa o desactiva la visualización de la función de transferencia de tonos medios, que es la que actúa en el ajuste del balance de tonos medios. Para comprender la forma de esta función se recomienda ver el tutorial sobre curvas (Nota: en construcción).

Grilla (Grid)

Aquí simplemente se activa o desactiva la visualización de la grilla, o malla, que es dibujada en el fondo del gráfico de los histogramas.

Ajustes del Auto Clipping

Como se comentó en secciones pasadas, si presionamos la tecla "Ctrl" la leyenda del botón "Auto Clip" cambiará por "Setup". Si presionamos dicho botón, aparecerá la siguiente ventana:



Los valores que se ingresan deben corresponder a porcentajes, y no a intensidades.

Se permite también desactivar el auto-clipping para algún extremo del rango dinámico, si el usuario así lo requiere. Ver las cajas de validación.

Casilla de validación "Raw"

Como se también se mencionó antes, activar esta casilla permite visualizar el histograma original en vez de la predicción de los cambios de los canales individuales cuando estamos visualizando el canal RGB compuesto. Por defecto no viene activada, ya que por coherencia interna los cambios que se realicen sobre dicho canal siempre ocurren después que los que se hacen en los canales individuales. Por ende, se recomienda usar esta opción solamente para comparar la información original con el histograma de salida y no para realizar ajustes.

Casilla de validación "Lock"

Finalmente, esta casilla bloquea la visualización del histograma de salida, en el sentido que mantiene fijo el canal actual que se está viendo. No hay que confundir esto con que se congelan los cambios. Lo que permanece intacto es el canal de visualización. Por ejemplo, si estamos viendo el canal RGB compuesto y activamos esta casilla, si ahora seleccionamos el canal azul, el histograma de salida seguirá mostrando los tres canales al mismo tiempo, en vez de mostrar solamente el azul. Cualquier cambio que se realice sobre el canal azul (o cualquier otro) se verá reflejado inmediatamente en el histograma de salida. Esta opción es tremendamente útil para comprobar cómo cambios sobre un canal en particular afectan relativamente al resto, como es el caso de cuando queremos cambiar el balance cromático del cielo en nuestras astrofotografías.

Conclusiones

Hemos llegado al final de este tutorial. Esperamos que todos los tópicos cubiertos hayan ayudado a comprender esta útil herramienta, y que pese a lo compleja que pueda parecer la interfaz, se hayan dado cuenta de lo sencillo que es hacer ajustes sobre imágenes, e inspeccionar sus histogramas. Cualquier duda o sugerencia, que permita ir mejorando este tutorial, es muy bienvenida, y por favor no dude en hacérsela llegar.