

Fundamentos del revelado **RAW**



Jorge **I**gual

Resumen

El revelado o procesado RAW consiste en, a partir del fichero RAW de una foto, obtener una versión visible de dicho fichero. Por versión visible nos referimos a una imagen que es interpretable por cualquier software que trabaja con imágenes, donde cada píxel tiene componentes rojo, verde y azul (RGB, en adelante). O sea, lo que entendemos normalmente por *foto*.

No nos interesa en esta guía el formato concreto final en que se guarda la foto (JPEG, TIFF, ...), sino entender los pasos que son necesarios para transformar un fichero RAW en algo que se asemeja a lo que nuestros ojos vieron en la realidad al hacer la foto.

Para ello primero hace falta saber qué es un fichero RAW. El primer capítulo explica los fundamentos de una cámara y qué es lo que realmente captura dicha cámara cuando apretamos el disparador y cómo se almacena dicha información en un fichero RAW.

Una vez tengamos claro lo que es un fichero RAW, en el segundo capítulo detallamos los pasos necesarios para conseguir una versión RGB de dicho fichero, es decir, en qué consiste a nivel técnico el revelado RAW.

El revelado RAW básico consiste en:

1. **Balance de blancos.** Ajustar las ganancias de cada canal del sensor para que la foto tenga el color correcto perceptualmente hablando, independientemente del color de la fuente de luz.
2. **Demosaico.** El sensor sólo capta un tercio de la información de color de una escena. El demosaico se encarga de estimar las componentes de color que faltan en cada píxel.
3. **Asignación de color.** Una vez ya tenemos las componentes RGB de cada píxel, hay que saber qué color representan realmente y cómo transformarlas a los valores RGB del espacio de color final, por ejemplo el sRGB, donde vamos a reproducir la foto.

Además, existen otras muchas tareas adicionales que no forman parte del núcleo duro del revelado RAW, aunque resultan habituales en cualquier revelador RAW para conseguir una versión mejorada de la foto.

De todas ellas, explicamos las dos más interesantes: cómo reducir el ruido y cómo aumentar la nitidez de la foto.

Lo importante no es conocer hasta el último detalle el funcionamiento de uno u otro algoritmo, sino entender el revelado RAW como un todo, sus complejidades y el fundamento de cada proceso del que consta.

Esta guía es una versión extendida del [tutorial](#) sobre fundamentos del revelado RAW publicado en fotoigual.

Índice general

Resumen	III
0.1 Conocimientos previos y recursos	V
0.2 Listado de videotutoriales	VI
0.3 Listado de libros de fotoiguar.com.	VII
Índice general	VIII
1 Fichero RAW	1
1.1 Funcionamiento de una cámara	1
1.2 RAW vs. JPEG	7
1.3 Procesadores RAW	14
2 Revelado RAW	23
2.1 Lectura del fichero	23
2.2 Qué información contiene un píxel	26
2.3 Rango de valores	37
2.4 Balance de blancos	41
2.5 Demosaico	65

2.6	Asignación de color	93
2.6.1	Cómo capta el color la cámara.	101
2.6.2	Reproducción del color	121
2.6.3	Transformación global	132
2.7	Corrección gamma	141
2.8	Ajustes de exposición	146
2.9	Reducción de ruido	150
2.10	Enfoque	154
2.11	Otros ajustes.	168
A	Adobe DNG Converter	170

2.4 Balance de blancos

Seleccionamos un área de la foto de la rosa de la [figura 2.5](#); el trozo seleccionado corresponde a las primeras 750 filas y columnas, es decir, la esquina superior izquierda de la foto. Lo tenemos representado en la [figura 2.9](#).



Figura 2.9: Trozo sin color de la [figura 2.5](#).

Como vemos, corresponde a un trozo del fondo gris; es decir, no hay ninguna dominante de color.

En lenguaje común, se suele decir que la [figura 2.9](#) corresponde a algo sin *color*. Pero, hablando con propiedad, sí tiene color: color “gris medio alto”.

Cualquier combinación de valores R, G y B determinan un color unívocamente. Lo que pasa es que en lenguaje coloquial solemos utilizar de manera laxa el término *color* como sinónimo de la cromaticidad del color, es decir, sin incluir su brillo.

Un color se puede representar en muchos espacios diferentes de tres dimensiones. El más popular es el RGB, pero hay otros más intuitivos como el de tono, saturación y brillo HSV (y variantes).

El tono H nos dice si vemos algo como rojo, azul, amarillo, etc. La saturación S nos dice cuánto de puro es el color (por ejemplo, un rojo poco saturado es un rosa). Ambos factores juntos determinan la cromaticidad del color.

Por último, la tercera dimensión V nos dice cuánto de luminoso es el color, o sea, si es brillante u oscuro. En la práctica, se suele olvidar muchas veces que un rojo brillante y un rojo oscuro son dos colores diferentes hablando con rigor, ya que solemos asociar el concepto *color* con la cromaticidad, olvidando que hay una tercera componente (el brillo).

En el libro será fácil deducir del contexto cuándo nos referimos al color como cromaticidad (dos dimensiones) o como cromaticidad + brillo (tres dimensiones y definición formalmente correcta de color). Cuando digamos que un píxel no tiene color querremos decir que su cromaticidad corresponde al blanco; es decir, que no hay ningún tono dominante; es como una foto en blanco y negro. Observa que el blanco, gris y negro tienen la misma cromaticidad: blanca.

El valor de la tercera dimensión, el brillo, es lo que diferencia el blanco del gris del negro. Por eso se habla de *balance de blancos*; pero el mismo concepto podría haberse llamado *balance de grises*. Lo que importa aquí es que la cromaticidad del píxel sea la correcta; y tanto el gris como el blanco tienen la misma cromaticidad.

Aclarado el lenguaje, analicemos las componentes RGB del trozo de la foto mostrado en la [figura 2.9](#). Recuerda que se trata de la versión final de la foto ya revelada; es decir, corresponde a la versión RGB de la foto (en este caso un JPEG). Por tanto, cada píxel tiene las tres componentes de color R, G y B correctas con un rango de posibles valores entre 0 y 255 (recuerda que el JPEG usa 8 bits por canal, con lo que el valor máximo para cada canal es $2^8 - 1 = 255$).

Una forma de obtener información sobre dichos valores es a través del histograma de cada uno de los canales.

Un histograma es una representación gráfica donde el eje horizontal x coincide con el rango de posibles valores que puede tomar un píxel, mientras que el eje vertical y representa cuántos píxeles hay en la foto con dicho valor x .

Si no te resultan familiares los histogramas en fotografía, te aconsejo antes que veas el tutorial [Todo sobre el histograma en Fotografía](#).

En la [figura 2.10](#) mostramos el histograma de la [figura 2.9](#) para cada uno de los tres canales RGB.

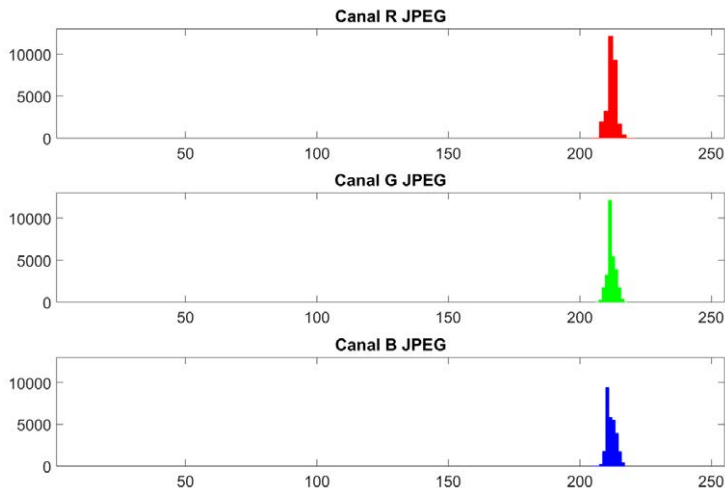


Figura 2.10: Histogramas R, G y B de la versión JPEG.

Vemos que los tres canales tienen histogramas parecidos. Tienen un pico en el valor $R = G = B = 211$, pero también tienen algún píxel que toma valores vecinos 210, 212, ... Esto es normal pues, debido al ruido y posibles diferencias de iluminación, es imposible que todos los píxeles tengan el valor teórico 211.

Lo importante es darse cuenta que los tres canales están alineados, es decir, tienen el pico en el mismo valor 211. Un píxel no tiene color en el dominio RGB cuando las tres componentes R, G y B valen lo mismo.

Utilizando valores entre 0 y 255, un píxel negro tiene componentes $R = G = B = 0$, uno blanco $R = G = B = 255$ y los grises valores intermedios $R = G = B = k$ (más brillante cuanto mayor sea el valor de k). En el caso de la [figura 2.9](#) el valor de k es 211.

Veamos ahora qué ocurre realmente a nivel de valor RAW. Para diferenciar los dos canales verdes del fichero RAW, llamaremos G1 al de las filas impares y G2 al de las filas pares.

En la [figura 2.11](#) mostramos el histograma RAW del mismo trozo de la [figura 2.9](#).

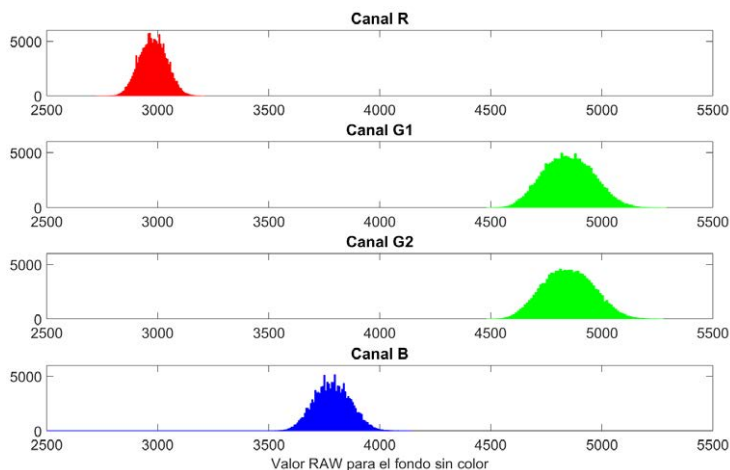


Figura 2.11: Histogramas R, G1, G2 y B.

Como ya hemos comentado, en el mundo real es normal que, debido al ruido y otros factores, no todos los píxeles de un mismo canal valgan lo mismo, con lo que los histogramas de cada canal no son picos centrados en un único valor, sino que tienen la forma que vemos en la [figura 2.11](#).

En lenguaje estadístico, decimos que el valor RAW sigue una distribución gaussiana, de media el valor central y varianza su anchura.

Para cada canal de color, la relación entre el valor RAW medio de la gaussiana y su varianza (dispersión respecto a dicho valor medio) determina la relación señal a ruido de dicho canal (ya te imaginas dónde acudir si quieres saber más sobre el tema del ruido y por qué los valores siguen una distribución gaussiana).

Lo importante de la [figura 2.11](#) no es que cada canal tiene forma de gaussiana, sino que ¡los cuatro canales no están alineados!, es decir, no tienen el mismo valor medio. Puesto que se trata de un trozo donde no hay dominante de color, los cuatro histogramas RAW (los dos canales verdes, el canal azul y el canal rojo) de la [figura 2.11](#) deberían ser iguales ya que debería cumplirse que $R = G = B$ tal y como hemos visto en la versión JPEG de la foto en la [figura 2.9](#) y su histograma en la [figura 2.10](#).

Para entender bien qué significa esto exactamente, en la [figura 2.12](#) mostramos un detalle ampliado del fichero RAW para dicha zona donde se aprecia con facilidad el valor de cada píxel (un gris más brillante implica un valor RAW más alto; el patrón Bayer **R**GG**B** está superpuesto para cuatro píxeles para que quede claro qué componente de color capta cada píxel del sensor).

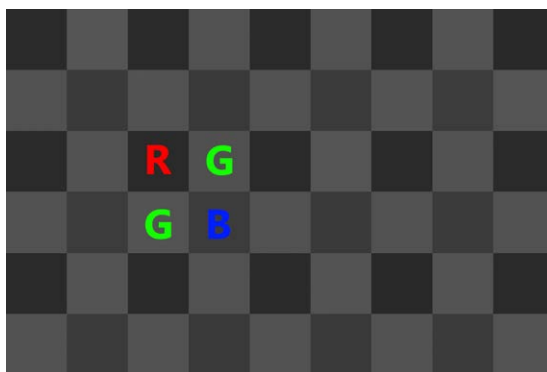


Figura 2.12: Valores RAW del fondo sin color.

Comprueba que el resultado es coherente con el histograma de la [figura 2.11](#): los píxeles verdes son más brillantes que los azules y mucho más brillantes que los rojos. Es decir, el valor RAW de los píxeles verdes es mayor que el de los azules y, a su vez, el valor RAW de los píxeles azules es mayor que el de los rojos.

Aunque sólo mostramos el patrón Bayer para cuatro píxeles, puedes extender fácilmente el análisis para el resto de píxeles de la [figura 2.11](#) y comprobar que todos los píxeles de un mismo canal son muy parecidos entre sí (de hecho a simple vista parecen iguales, aunque como sabemos del histograma anterior realmente hay pequeñas variaciones debidas al ruido).

Así que es normal que en vez de histogramas en forma de picos tengamos gaussianas. Lo que no es normal es que los histogramas de los dos canales verdes (que sí son casi iguales entre sí, como era de esperar), tengan un valor RAW medio muy superior al del canal rojo y el canal azul, ni que el canal azul tenga también un valor medio mayor que el del canal rojo.

¿Por qué no tienen el mismo valor medio y varianza las cuatro gaussianas si se supone que se recibe la misma cantidad de luz roja, verde y azul?

Lo que nos dicen la [figura 2.11](#) y la [figura 2.12](#) es que los píxeles que registran la información de verde son más sensibles que el azul, y que el rojo es el menos sensible. Dicho de otra forma, donde deberíamos registrar valores $R = G = B$, sin embargo tenemos $G > B > R$.

Si no compensamos este desajuste en la sensibilidad de cada píxel según el color que tiene asignado en el filtro Bayer, acabaremos con una foto con un tinte verdoso general, que será especialmente visible en el fondo neutro de la foto.

La **figura 2.13** muestra la imagen final que obtendríamos si no aplicásemos ninguna corrección a ningún canal RAW.

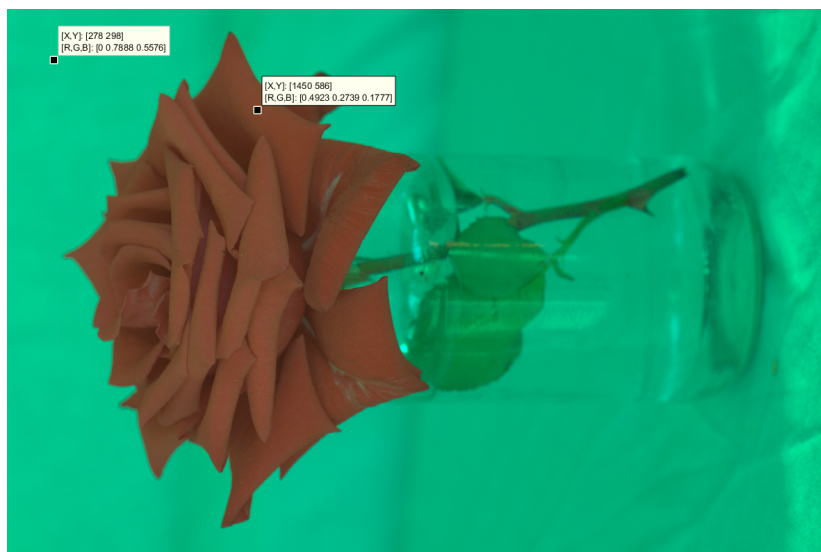


Figura 2.13: Revelado RAW sin ajustar la ganancia de cada canal.

En la **figura 2.13** hemos superpuesto el valor exacto de dos píxeles (valores normalizados entre cero y uno). Uno corresponde a un píxel del fondo. Confirmamos que el fondo que debería verse gris claro sale verde con unos valores $R = 0$, $G = 0.78$, $B = 0.55$.

El otro corresponde a un píxel de la rosa roja. En este caso el píxel se ve rojo, $R = 0.49$, $G = 0.27$, $B = 0.17$, pero no hay tanta diferencia entre las tres componentes como debería haber, lo que hace que no aparezca tan rojo como debería (comparar con la versión final correcta de la foto en la **figura 2.5**).

Como curiosidad, en la [figura 2.14](#) mostramos el histograma RAW para un trozo de la rosa roja; el canal rojo es el que tiene píxeles con valores RAW más altos, pero, aun así, la diferencia no es tanta como debería ser si todos los píxeles tuvieran la misma respuesta. Por eso la rosa roja sale tan apagada en la [figura 2.13](#) con un rojo tirando a marrón en vez del rojo tan vivo de la [figura 2.5](#).

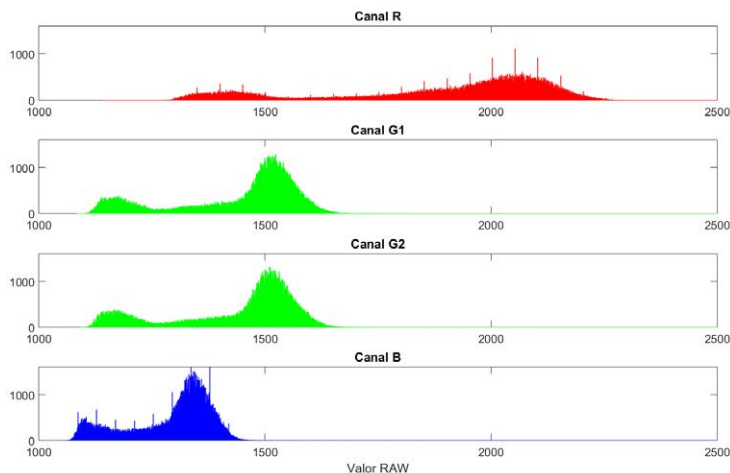


Figura 2.14: Histograma RAW de un trozo de la rosa roja.

En resumen, los canales no están alineados: el canal verde suele ser el más sensible y, por tanto, a igual cantidad de luz incidente en todas las longitudes de onda, es el canal que acaba registrando un valor RAW más alto.

La solución pasa por introducir unos coeficientes multiplicativos que hagan que los canales estén alineados, es decir, que los píxeles que no tienen color en la escena cumplan la condición $R = G = B = k$, donde k cambiará según el nivel de brillo correspondiente.

La tarea del revelado que se encarga de ajustar estos coeficientes se llama balance de blancos y el concepto asociado al sistema visual humano se llama adaptación cromática.

El tema es mucho más complejo de lo que parece a primera vista, así que dejaremos para un libro específicamente dedicado a colorimetría todos los detalles de dichas complicaciones.

En un revelado RAW, ajustar el balance de blancos de la foto es sinónimo de multiplicar por unos coeficientes los valores RAW originales RGB . Las componentes $R'G'B'$ con el balance de blancos corregido se definen como:

$$\begin{aligned} R' &= \theta_R \cdot R \\ G' &= \theta_G \cdot G \\ B' &= \theta_B \cdot B \end{aligned} \tag{2.1}$$

Normalmente se usa $\theta_G = 1$, es decir, los píxeles verdes no hay que modificarlos $G' = G$ (ya tienen el valor RAW correcto). Para calcular los otros dos coeficientes θ_R y θ_B , se impone la condición $R' = G' = B'$ en un trozo de la foto que se sepa que es blanco (gris):

$$\begin{aligned} R' &= \theta_R \cdot R = G \\ B' &= \theta_B \cdot B = G \end{aligned} \tag{2.2}$$

con G el valor medio de los dos canales verdes, $G = (G1 + G2)/2$. Despejando de la [Ecuación 2.2](#), se obtiene:

$$\begin{aligned} \theta_R &= G/R \\ \theta_G &= 1 \\ \theta_B &= G/B \end{aligned} \tag{2.3}$$

Vamos a aplicarlo a nuestra foto de la rosa. Los valores RGB los podemos obtener a partir de los histogramas de la [figura 2.11](#). Como corresponde a un trozo de la escena sin color, los cuatro histogramas deberían estar alineados.

El valor RAW medio de los dos canales verdes es 4850. El valor medio del canal rojo es 2979 y el del azul 3786. Pero hay que tener en cuenta que todos los canales de la Canon 50D tienen un nivel de negro constante añadido de valor 1024 como vimos en la sección anterior. Así pues, los valores reales son:

$$\begin{aligned} R &= 2979 - 1024 = 1955 \\ G &= 4850 - 1024 = 3826 \\ B &= 3786 - 1024 = 2762 \end{aligned} \tag{2.4}$$

Con los valores RAW ya corregidos podemos sacar los coeficientes que buscamos:

$$\begin{aligned} \theta_R &= G/R = 3826/1955 = 1.9570 \\ \theta_B &= G/B = 3826/2762 = 1.3852 \end{aligned} \tag{2.5}$$

El resultado final es que hay que sustituir las componentes RGB del fichero RAW original (con el nivel de negro restado previamente) por otras $R'G'B'$ de valor:

$$\begin{aligned} R' &= 1.9570 \cdot R \\ G' &= G \\ B' &= 1.3852 \cdot B \end{aligned} \tag{2.6}$$

Observa que hemos usado la propiedad $R' = G' = B'$ en una zona de la escena sin color para deducir los coeficientes. En un trozo con color es imposible deducir dichos coeficientes, salvo que sepamos la relación entre las tres componentes con antelación.

Aunque hayamos usado sólo un trozo de la foto para obtener los coeficientes, es evidente que dichos coeficientes serán válidos para