

La cámara digital

Antoni Marín Amatller

PID_00152541



Universitat Oberta
de Catalunya

www.uoc.edu



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos –excepto que se indique lo contrario– a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 España de Creative Commons. Podéis copiarlos, distribuirlos y transmitirlos públicamente siempre que citéis el autor y la fuente (FUOC. Fundació para la Universitat Oberta de Catalunya), no hagáis de ellos un uso comercial y ni obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

Índice

1. Cámara compacta y réflex	5
1.1. La óptica	6
1.1.1. El enfoque	6
1.1.2. El ángulo visual y la distancia focal	12
1.2. El control de la luz	18
1.2.1. La intensidad de luz	18
1.2.2. El equilibrio cromático: temperatura de color y balance de blancos	28
1.2.3. El horquillado	31
1.2.4. El flash	33
2. El rango dinámico y el histograma	38
2.1. Ansel Adams y el sistema de zonas	40
2.2. El rango tonal y el rango dinámico	42
3. La exposición en fotografía digital	45
4. Las imágenes HDR	49

1. Cámara compacta y réflex

La cámara digital combina las opciones de la cámara fotográfica tradicional con recursos propios de la electrónica y con funcionalidades derivadas de la tecnología digital. Con frecuencia, el aspecto y las funciones son tan diferentes de los aparatos fotográficos tradicionales que resulta difícil encontrar la analogía entre ambos sistemas. Tampoco es infrecuente que el fotógrafo acostumbrado a utilizar un equipo clásico no se encuentre cómodo con el habitual retraso en el disparo de las cámaras digitales. Por otra parte, el usuario que accede a la cámara digital como una extensión más de su equipo informático puede que no acabe de entender la relación existente, por ejemplo, entre una imagen movida y velocidades de obturación lentas.

Partiendo de puntos de vista e intereses tan diversos como son los mundos de la fotografía y de la informática, se abordará la descripción de la cámara con una perspectiva integradora. Será preciso que el fotógrafo se zambulla en un conjunto de menús y opciones más propios de un ordenador que de su vieja cámara. Asimismo, el usuario que llegue al mundo de la fotografía a partir de la informática deberá familiarizarse con nociones quizás nuevas para él, pero hartamente conocidas en los ambientes fotográficos.

Pueden plantearse diversas aproximaciones al tema de la cámara fotográfica digital. Los modelos compactos son prácticamente de uso universal y los modelos réflex incrementan su presencia día a día. Las prestaciones de unos y otros son muy distintas y de hecho varían constantemente como resultado de la rápida evolución comercial. En este apartado se plantea la descripción y comparación de unos y otros sobre la base de los puntos comunes entre ambos. Se muestran en el siguiente esquema:

a) Temas relacionados con la óptica.

- El enfoque.
- El ángulo visual y la distancia focal.

b) Temas relacionados con el control de la luz.

- Relativos a la intensidad.
 - Diafragma.
 - Obturador.
 - Fotómetro: medición puntual, medición centro ponderada y medición matricial.
 - Modos de exposición.
 - Sensibilidad.

- Relativos al equilibrio cromático: Temperatura de color y balance de blancos.
 - Horquillado.
 - Flash.

1.1. La óptica

Una cámara es una caja oscura con una abertura por la que entra la luz. Es donde se sitúa la óptica, el conjunto de lentes particular de cada cámara. La función que tiene en cada modelo es la misma, conseguir que la luz se concentre sobre una superficie determinada y se reproduzca así nítidamente la imagen del motivo externo. En una cámara tradicional, en este plano en el que se concentra la luz se coloca el negativo; en una cámara digital se encuentra el sensor electrónico.



Objetivo compuesto de una cámara réflex.

1.1.1. El enfoque

Conseguir que la imagen esté enfocada es básico en la toma de una fotografía. Habitualmente, el fotógrafo busca la nitidez, si bien en ocasiones puede buscar especialmente la borrosidad de la imagen en función de sus objetivos expresivos.

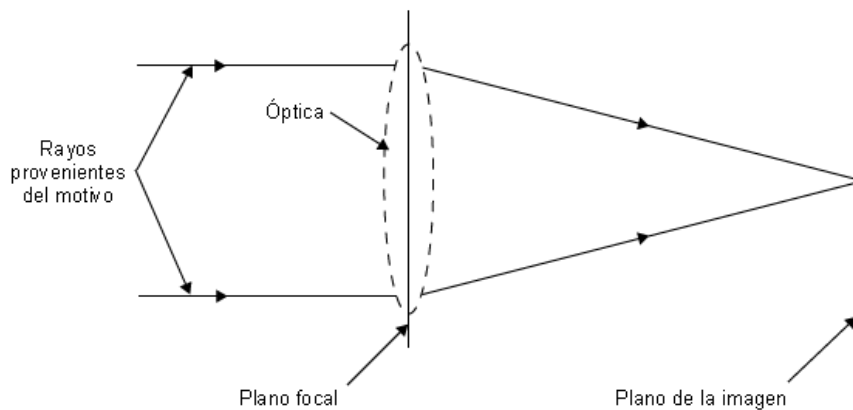


Izquierda: imagen fuera de foco; derecha: imagen enfocada.

Para comentar el proceso de enfoque, son importantes dos nociones: una es la del *plano de la óptica* y la otra, la del *plano de la imagen*.

En una lente simple, los rayos de luz que provienen del exterior cambian su dirección al atravesar la lente. El plano en el que se produce la desviación se denomina *plano focal*.

Esquema de una lente simple

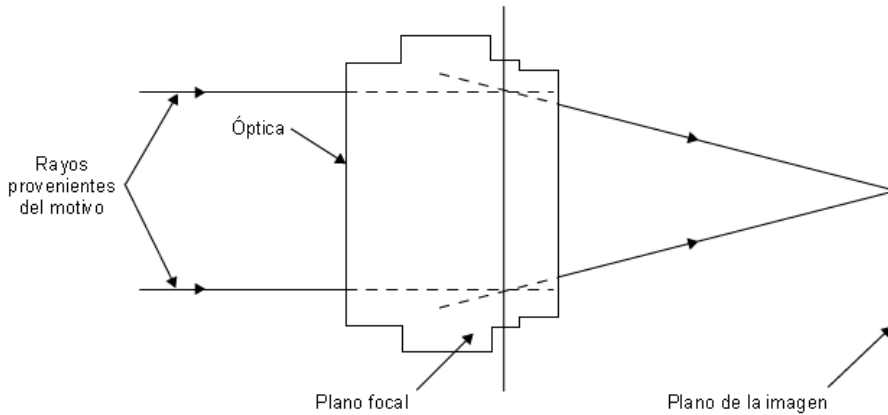


Así, el **plano focal** es el plano donde los rayos de luz que provienen del exterior cambian el ángulo de su trayectoria para desviarse hacia el plano en el que se forma la imagen.

Sin embargo, en una cámara fotográfica, el plano focal no es identificable a simple vista porque los objetivos no están compuestos por una única lente, sino por un conjunto de ellas; este tipo de objetivos recibe el nombre de **objetivo compuesto**.

Un **objetivo compuesto** está constituido por un conjunto de lentes. La misión de los objetivos compuestos es compensar las aberraciones y defectos que tiene una lente única. Los objetivos de las cámaras fotográficas son en realidad objetivos compuestos. Sin embargo, a efectos de entender el concepto de *plano de imagen* es útil recurrir a la lente simple.

Esquema de una lente compuesta

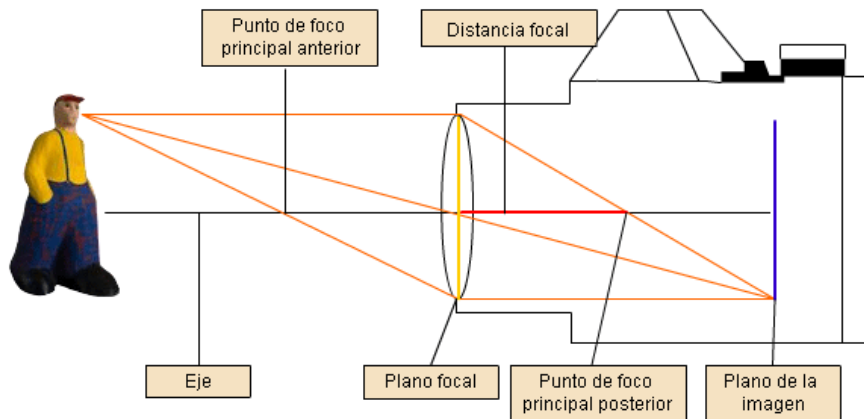


En una lente compuesta, los cambios de dirección son diversos, ya que los conjuntos ópticos están diseñados para corregir las imperfecciones que toda lente presenta. En éstos, el plano focal es un resultado calculado sobre la base del resultado conjunto de todas las lentes y es equivalente a la misma noción en la lente simple.

El **plano de la imagen** es la superficie sobre la que se concentran los rayos que han atravesado el objetivo (sea éste simple o compuesto). Es donde se encuentra el sensor electrónico.

Varios ejemplos de ópticas e imágenes

La lente de la cámara refracta la luz que proviene del motivo y concentra los rayos en el plano interior donde se sitúa el negativo o el sensor electrónico. Resultado del proceso es la formación de una imagen invertida del motivo en el plano de la imagen.



El enfoque idóneo en cada situación varía en función de la distancia del motivo respecto del objetivo. La cámara enfoca ajustando la posición de las lentes para que la proyección de los rayos de luz sobre el plano de la imagen sea nítida. El desplazamiento puede ser visible desde el exterior o realizarse internamente. Y por otra parte, puede realizarse de forma manual o automática.

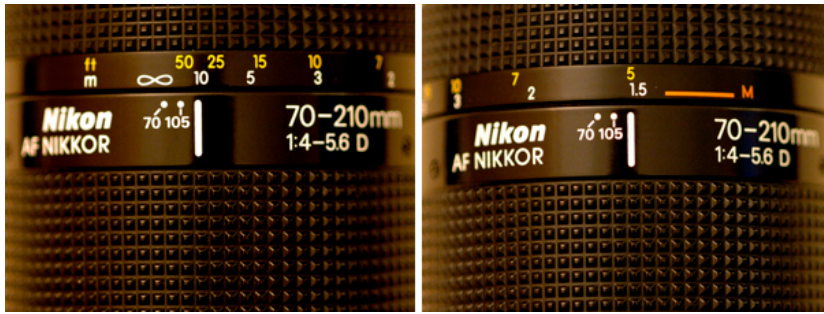
El control del foco es básico para el fotógrafo. La posibilidad de poder enfocar girando el anillo de la óptica se encuentra en todas las cámaras réflex y en algunos modelos de las compactas. Las de tamaño reducido acostumbran a presentar un enfoque automático, y si disponen de posibilidad de enfoque manual, éste no se realiza por el accionado sobre las lentes, sino por mecanismos como ruedas complementarias o menús que acaban resultando poco prácticos en la mayoría de las situaciones.

Un detalle importante que cabe observar en el foco de un objetivo es el hecho de que la escala de enfoque no presenta una progresión lineal.

Las escalas de enfoque

Obsérvense los siguientes ejemplos:

- En el primer caso (izquierda), el punto de foco está a 10 metros. A la izquierda un leve desplazamiento del barrilete coloca el punto en el infinito. Por la derecha, a una distancia ligeramente superior, se encuentra el punto a 5 metros. Cuando el punto de foco es lejano, el margen para enfocar es muy amplio.
- En el segundo caso (derecha), el punto de foco señalado por la raya blanca se encuentra en 1,5 metros. Ello significa que la imagen que se obtenga, va a estar enfocada sobre un motivo que se encuentra a 1,5 metros. Obsérvese que, a la izquierda, el siguiente punto, que es el de 2 metros, tiene una distancia importante.



Punto de enfoque en un teleobjetivo a 10 metros (izquierda) y a 1,5 metros (derecha).

En todo objetivo, el margen de foco es mucho más amplio hacia el infinito que hacia las distancias cortas. Enfocar un motivo lejano es mucho menos crítico que hacerlo sobre uno próximo.



Fotografías de sujetos distantes (izquierda) y próximos a la cámara (derecha).

A continuación y en relación con la óptica, es conveniente detenerse en otro punto clave.

Cualquier objetivo tiene una **distancia mínima de enfoque**, el punto más próximo a la cámara que el objetivo puede mostrar con nitidez. Todo lo que se encuentre por debajo de este valor aparecerá como borroso.

Cada objetivo tiene una distancia mínima de enfoque distinta. Se trata de un factor que depende del tipo de óptica. A parte del ángulo visual, el diseño de algunos objetivos les permite trabajar a distancias cortas que pueden rebasar esta distancia mínima de enfoque. Es cuando ponen en juego la opción de Macro. En unos, el paso a la función de Macro es más evidente que en otros.

Otro tema relacionado con la óptica es el **autofoco**. Prácticamente todos los modelos actuales, réflex o compactos, pueden enfocar de forma automatizada. Es una prestación extremadamente práctica, especialmente cuando se trabaja con ópticas de focal larga¹. Pero de igual forma que se trata de una prestación

⁽¹⁾En las cámaras de 35 mm, se consideran objetivos de focales largas o teleobjetivos los que presentan valores superiores a 85 mm.

de gran ayuda, es muy recomendable que la cámara pueda pasar a **foco manual**, o bien que el fotógrafo pueda controlar de forma fácil la zona de enfoque.

El foco manual es recomendable en situaciones como las que se muestran a continuación. La cámara ha enfocado el fondo en lugar del motivo en primer término, que era el objeto de la fotografía.

Angulares y angulares extremos

En las cámaras de 35 mm, se consideran angulares las ópticas con valores como 24 mm, 28 mm, 35 mm. Las de valores como 12 mm, 14 mm, o 16 mm son angulares extremos. Se conocen como *ojo de pez*.

Primer término desenfocado y enfocado de fondo



Este es un problema habitual en los objetivos autofocus; en lugar de enfocarse el primer término, la cámara enfoca el fondo. En estas situaciones, disponer de una cámara con capacidad de bloquear el enfoque mediante un primer punto de presión en el botón disparador, por ejemplo, resulta de gran utilidad. Si no se dispone de un mecanismo fácil para bloquear el enfoque, también puede resultar conveniente el enfocar manual.

En estas situaciones el enfoque manual es más práctico que el autofocus. No obstante, la cámara puede disponer de formas de priorizar diversas maneras de enfoque y el fotógrafo puede escoger la que considere más adecuada a cada situación determinada.

En los modelos compactos con frecuencia el enfoque es automático. No obstante, algunos disponen de prestaciones interesantes. Supóngase esta situación: el motivo que hay que fotografiar está en primer término. Si se sitúa en el centro, la cámara lo enfoca sin problemas, pero la composición resultante es excesivamente centrada. La situación idónea supone desplazar lateralmente el motivo, pero entonces la cámara enfoca el fondo y el motivo se desenfoca.

Algunos modelos permiten bloquear el enfoque y la exposición en el primer punto del disparador. Así se centra la cámara sobre el motivo, se enfoca, se mantiene apretado el primer punto de disparo del botón, se desplaza la cámara para la exposición correcta y se dispara. En algunos modelos existe la posibilidad de determinar la forma de enfoque de la cámara.

Zonas de prioridad de enfoque



1.1.2. El ángulo visual y la distancia focal

Para definir el ángulo visual, es preciso volver al esquema del plano de la óptica y del plano de imagen. De nuevo se simplificará la realidad de las ópticas compuestas con una lente simple, a efectos de la visualización del concepto.

La distancia existente entre el plano de la óptica y el plano de la imagen se denomina **distancia focal**. Es un parámetro que se expresa en milímetros.

Se considera que un objetivo con una distancia focal de 50 mm es un objetivo normal, los valores por debajo de 35 mm corresponden a ópticas angulares y los superiores a 85 mm, a teleobjetivos. La denominación de objetivo normal proviene de considerar que el objetivo normal es el que reproduce la escena exterior de la forma más aproximada a la visión que la persona tiene de ella.

Tipos de objetivo según el área de proyección

Según el tamaño de la superficie sobre la que se proyecta la luz, una misma distancia focal puede considerarse objetivo normal o teleobjetivo. Así, por ejemplo, una distancia focal de 80 mm en una cámara de 6´6 cubre un ángulo equivalente al que cubre un 50 mm en una cámara de 35 mm. Y un 50 mm en formato 6´6 es una óptica angular, mientras que en formato 35 mm es un objetivo normal. Cuanto menor es el área del negativo o el sensor, menor es la distancia necesaria para mostrar una escena exterior a un tamaño determinado. Descartando ahora las cámaras de medio y gran formato, se tomará aquí como referencia de distancias focales la cámara de 35 mm.

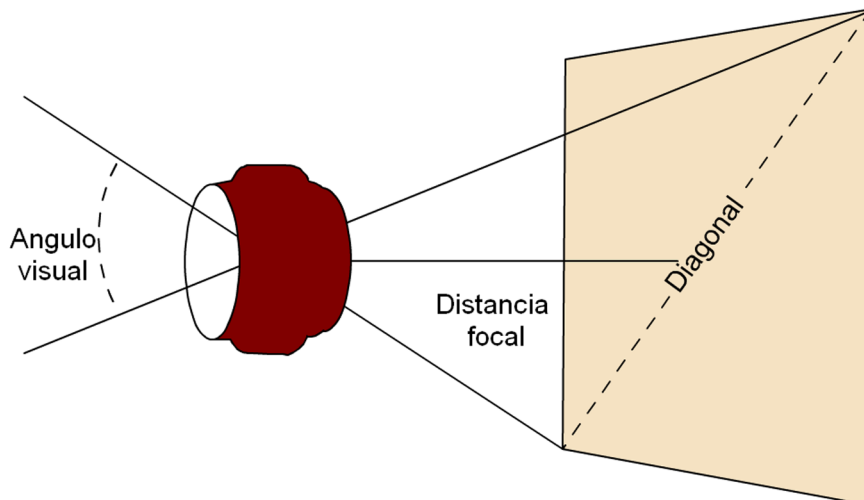
De la noción de distancia focal se deriva la de *ángulo visual*.

Los rayos de luz que provienen de la escena y atraviesan la óptica llegan al plano de imagen con un ángulo determinado. Este ángulo se denomina **ángulo visual**.

Si la distancia entre el plano de la óptica y el plano de la imagen se reduce, el ángulo se incrementa, si la distancia focal crece, el ángulo cubierto se cierra. A menor distancia mayor es el ángulo y por tanto mayor el área que se cubre de la escena.

Distancia focal

Cuando la distancia focal disminuye, por ejemplo al abrir el zoom, el ángulo visual se amplía. En 35 mm, los valores por debajo de los 35 mm de distancia focal se consideran angulares.



Los objetivos de focal corta son los que tienen valores por debajo de los 50 mm. A partir de 35 mm se consideran gran angulares. Obsérvese en el siguiente esquema cómo la menor distancia focal implica un mayor ángulo de cobertura.

Los valores clásicos en los objetivos gran angulares son habitualmente los siguientes (los últimos de la lista se denominan *ojo de pez*):

- 28 mm
- 24 mm
- 21 mm
- 18 mm
- 16 mm
- 14 mm
- 12 mm
- 10 mm

Objetivos de gran angular

La primera imagen (izquierda), tomada con angular, permite colocar en el cuadro al mismo tiempo los elementos cercanos a la cámara y los lejanos. La segunda (derecha), tomada con teleobjetivo, comprime el primer término con el fondo.



En el supuesto contrario se encuentran los teleobjetivos. Al incrementar la distancia focal el ángulo de cobertura se cierra. Algunos de los teleobjetivos más habituales son:

- 105 mm
- 135 mm
- 200 mm
- 300 mm
- 400 mm
- 500 mm

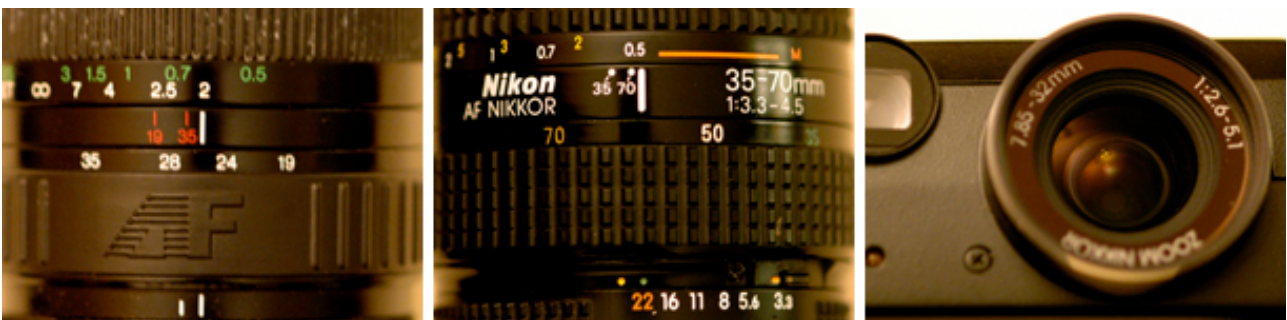
Los objetivos de las cámaras compactas

En las cámaras compactas, los valores equivalentes de la distancia focal son mucho menores que en las reflex. Al montar sensores electrónicos más pequeños que un negativo de 35 mm, los valores varían notablemente. Para cubrir una misma área de una escena, es necesaria una distancia focal mucho menor que el equivalente en 35 mm. Obsérvense los casos siguientes. La primera foto (izquierda) está tomada en angular en una cámara compacta cuyo valor es de 8 mm. La segunda foto (derecha) se tomó desde el mismo punto en posición teleobjetivo. En esta cámara, el valor es de 20 mm.



Como se ha comentado, esta relación de objetivos se toma en relación con la cámara réflex de 35 mm. Ahora bien, los casos de las cámaras compactas y de las cámaras réflex digitales presentan excepciones a esta relación.

Distancia mínima de enfoque en diversos objetivos



Izquierda: gran angular, 2 metros; centro: zoom de 35-70 mm, 0,5 metros; derecha: objetivo de cámara digital compacta (los 7,85 mm corresponden a un angular, mientras que los 32 mm a un teleobjetivo).

En las cámaras réflex digitales, se encuentran modelos que montan sensores con un tamaño equivalente al negativo de 35 mm y cámaras con sensores de menor tamaño. En el primer caso los valores de las ópticas se corresponden al 100% con los valores de las mismas ópticas en cámaras de negativo. Se trata de las réflex FX.

En el caso de las réflex con un sensor de menor tamaño que el negativo de 35 mm, se utilizan en ellas las mismas ópticas que en las cámaras clásicas, pero el valor real del ángulo se incrementa en función de la diferencia de tamaño.

El parámetro que se utiliza para conocer la cobertura real de un objetivo en estas circunstancias se denomina **factor de focal**.

Así, un factor de focal de 1,5 significa que hay que multiplicar por esta cifra la distancia focal de una óptica para conocer su valor efectivo. Las casas fotográficas facilitan el factor de focal de cada cámara. Estos modelos reciben normalmente la denominación de **DX**.

Equivalentes de ópticas fijas para formato DX

35 mm	DX con factor de focal 1,5
400	600
200	300
105	157,5
50	75
35	52,5
28	42
24	36
19	28,5

Muchos de los objetivos actuales son de **focal variable**, son los conocidos habitualmente como **zoom**. Al variar la distancia focal, pueden cubrir un campo de distancias focales determinado. Algunos lo hacen en la parte del gran angular (ópticas del tipo 12-24, 14-24, 19-35,...); otros oscilan alrededor de los objetivos normales (por ejemplo las 35-70); otras cubren la gama de los teleobjetivos y otras van desde angulares más o menos pronunciados o teleobjetivos más o menos potentes. La gama es muy variada y la elección se basa en criterios de utilidad, de presupuesto y de la calidad requerida.

Es de señalar el hecho de que los objetivos DX sólo pueden usarse en cámaras con el factor de focal recomendado por el fabricante. No pueden usarse en cámaras FX ni en las clásicas de 35 mm.

Campos de distancias focales en objetivos zoom para formato DX

35 mm	DX con factor de focal 1,5
16	24
70-210	105-215
35-70	52,5-105
16-85	24-127,5
18-200	27-300

Una distinción importante a llevar a cabo es el zoom óptico y el digital. Sobre todo atendiendo al elevado número de cámaras que los incluyen. Un zoom 35-70 tiene un factor de ampliación de 2x. Uno de 70-210 lo tiene de 3 aumentos (3x). Actualmente, los factores de ampliación del zoom se incrementan y es fácil encontrar modelos con recorridos de más de 10x como lo 18-200. Se trata de ampliaciones que dependen de la óptica, que son resultado del desplazamiento de posición de las lentes. Pero en los modelos digitales es frecuente encontrar también factores de ampliación que responden a los denominados *zoom digitales*.

Un **zoom digital** incrementa notablemente la imagen, pero la ampliación no se realiza mediante las lentes, como en el zoom óptico, sino a través de software. La imagen original se aumenta por interpolación. Este tipo de zoom, si bien puede redimensionar al alza la imagen, no produce fotografías de calidad.

Tanto en un caso como en el otro, el zoom se define por el número de aumentos que puede proporcionar.

Actualmente, la mayoría de las cámaras compactas incorporan rangos de zoom elevados, pero normalmente se trata de aumentos digitales, no ópticos. La calidad del aumento obtenido electrónicamente es muy inferior a la que proporciona un buen conjunto óptico. Incluso es preferible llevar a cabo la ampliación durante la edición si es necesario.

Las dos imágenes siguientes fueron tomadas con la misma cámara. El fotógrafo no se desplazó, ambas se dispararon, pues, desde la misma distancia. La superior corresponde al aumento del zoom óptico, en la segunda se usó el digital. El número de aumentos es notable. Pero aparte del aumento, es de señalar cómo en la correspondiente al zoom digital el efecto de pixelado es mucho más evidente y aparece cuando se amplía excesivamente la imagen. Por otra parte, también se observa ruido. Analizando con detalle la zona del azul del agua, en la fotografía siguiente pueden verse con claridad puntos de color. La comparativa de las dos imágenes corresponde a áreas similares de la imagen en bruto, tal como fue captada por la cámara.



Dos imágenes de la misma escena. En la primera (izquierda) se utilizó únicamente el zoom óptico. En la segunda (derecha), también el zoom digital. La pérdida de calidad y el incremento de ruido son evidentes.

Se habla de **rango del zoom** en referencia al grado de variación que permite un objetivo entre sus dos posiciones extremas.

Un rango de 10:1

Un rango de 10:1, por ejemplo, significa que la imagen que capta en posición angular puede ampliarse 10 veces. El resultado visual será como aproximar una parte de la escena al espectador.

1.2. El control de la luz

Una exposición correcta supone el hecho de que llegue al sensor fotográfico la cantidad de luz necesaria para reproducir una escena con un contraste y una gama de tonos correcta. Si llega demasiada luz, la fotografía se quema; si llega poca, queda oscura. En el primer caso se dice que se **sobreexpone** y en el segundo, que se **subexpone**.



1.2.1. La intensidad de luz

La forma como se controla esta entrada de luz se basa inicialmente en dos procedimientos:

- Dejar entrar más o menos luz abriendo o cerrando el **diafragma**.
- Dejar entrar más o menos luz dejando abierta la entrada más o menos tiempo mediante el **obturador**.

De forma complementaria a estos dos procedimientos, existe la posibilidad de variar la **sensibilidad**. Inicialmente, el sensor electrónico reacciona a la entrada de luz de una forma estándar, pero su respuesta puede amplificarse electrónicamente incrementando la capacidad de respuesta. Los puntos de incrementos de la sensibilidad se corresponden con los que se dan en el diafragma y el obturador.

El diafragma

El **diafragma** está formado por un conjunto de láminas estructuradas de modo que pueden formar un círculo central que se abre o cierra de forma controlada. Por este círculo pasa la luz hacia el sensor.

Diafragma de un objetivo compuesto



Los valores del diafragma son universales para todos los objetivos. La idea básica a retener en esta escala es que cada valor supone la entrada del doble de luz que el valor superior y la mitad que el valor inferior. La escala usada clásicamente en las cámaras es la siguiente:

2,8	3,5 (ó 4)	5,6	8	11	16	22	32
-----	-----------	-----	---	----	----	----	----

Un diafragma 8 deja pasar la mitad de luz que un diafragma 5,6 y el doble que un diafragma 11.



Escena fotografiada con diafragma 5,6 (izquierda); con diafragma 8 (centro); con diafragma 11 (derecha).

Estos valores son ampliamente conocidos y son los que normalmente se encuentran en el anillo de diafragmas de la cámara. Este anillo acostumbra a poderse ajustar manualmente. Ahora bien, en los modelos digitales aparecen también otros valores intermedios. Así, si se incrementan o reducen los valores del diafragma, en el visor electrónico de control se observa cómo los valores pueden ser:

5,6	6,3	7,1	8	9	10	11	13
-----	-----	-----	---	---	----	----	----

El ajuste electrónico de las cámaras permite regular fragmentos de paso y se crean así valores intermedios. El principio es el mismo, sólo que en este caso se trata de que cada valor deja pasar 1/3 más de luz que el anterior y 1/3 menos que el siguiente. Es conveniente memorizar la escala básica porque, como se verá posteriormente, procedimientos como la profundidad de campo ponen en juego valores de diafragma y es habitual referirse sólo a los valores clásicos como valores de referencia.

El obturador

El segundo elemento que entra en juego para regular la entrada de luz es el **obturador**. Es el mecanismo mediante el cual se controla con más o menos tiempo la luz que llega al sensor. En la cámara tradicional se hablaba del tiempo durante el cual llegaba luz al negativo. En la cámara digital, la duración se regula mediante el periodo de tiempo durante el cual el sensor está activo.

Los valores clásicos del obturador se representan en la escala siguiente. No obstante, al igual que ocurre en el diafragma, las cámaras digitales trabajan también con valores intermedios.

8	4	2	1	2	4	8	15	30	60	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------

Los valores corresponden a:

- Los cuatro valores de la izquierda representan segundos. Corresponden a exposiciones de 8, 4, 2 y 1 segundo.
- Los valores restantes situados a la derecha corresponden al denominador de fracciones de 1. Es decir, corresponden a medio segundo, un cuarto de segundo, ..., una milésima de segundo o una ochomilésima de segundo.

La regla de oro que hay que recordar también aquí es que un valor cualquiera supone el doble de tiempo de exposición del valor de la derecha y la mitad del de la izquierda. Así, 125 deja pasar la mitad de luz que 60 y el doble que 250.

Fotografías con incrementos de obturador



El diafragma y el obturador son los mecanismos básicos para regular la cantidad de luz que llega al sensor. El proceso se inicia con la lectura de la luz mediante el fotómetro de la cámara. En función de la cantidad de luz existente, la cámara propone una combinación de diafragma y obturador determinados para lograr una exposición correcta. Pero esta combinación propuesta puede variarse sin que los nuevos valores afecten a la exposición, siempre que se mantenga el principio del doble o mitad de valor de cada paso.

Diversas combinaciones de diafragmas y obturadores

El fotómetro lee la luz y de esta lectura la cámara propone una exposición de 125/8. La exposición es correcta, como puede verse en el siguiente ejemplo.

Escena fotografiada con diferentes velocidades de obturación y diafragmas



Modificar proporcionalmente los valores de diafragma y de velocidad de obturación no modifica la exposición.

Pero al fotógrafo le puede interesar variar o bien la velocidad o bien el diafragma. Si en lugar de 125 se coloca 250, entrará la mitad de luz, y por tanto la foto quedaría subexpuesta si no se llevan a cabo ajustes en el diafragma. Es preciso compensar con el doble de entrada de luz, es decir, utilizando un diafragma 5,6.

O la situación puede ser la inversa. El fotógrafo puede necesitar cerrar el diafragma a 16. Son dos puntos menos y, por tanto, cuatro veces menos luz. Tendrá que compensar la pérdida incrementando la velocidad de obturación en la misma proporción, es decir, usando un valor 30.

En resumen, el proceso se concreta en que el fotómetro mide la cantidad de luz y la cámara calcula la relación entre velocidad de obturación y abertura de diafragma que permiten realizar una exposición correcta.

La combinación concreta que se muestre en cada ocasión depende de diversos factores, pero el fotógrafo ha de tener claro que siempre puede modificar la relación de obturador-diafragma y conservar la exposición correcta si compensa adecuadamente los cambios de luminosidad en uno de los parámetros con el equivalente inverso en el otro.

Al llegar a este punto se presentan dos aspectos que cabe comentar. Uno, el que se refiere al tipo de lectura que realiza el fotómetro, y el otro, el que se refiere a los modos de exposición de la cámara. La cámara dispone de modos automáticos, con prioridad al diafragma o al obturador, manuales o programados para decidir cuál es la combinación idónea que se propone en cada caso.

Modos de lectura del fotómetro

Habitualmente se presentan tres situaciones de lectura de la luz como las más comunes entre las cámaras. Ello no significa que todas las tengan, ni que se trate de las únicas posibilidades. Simplemente son las más frecuentes y estandarizadas.

Un primer tipo de lectura es la **puntual**. El fotómetro lee la luz en un área central muy concreta. En la imagen que sigue se muestran los valores para diversos puntos de la imagen. Evidentemente el fotógrafo tiene que apuntar a cada zona y registrar los datos que obtiene. Esta medición puntual es útil para exponer con un criterio propio una situación en la que se dan importantes diferencias de lectura entre varias zonas. Un contraluz, por ejemplo, es muestra de ello.

Un segundo tipo de lectura es la puntual con **prioridad al centro**. Es similar a la anterior, pero presenta la diferencia de que no únicamente es el círculo central el que realiza el cálculo, sino que se da una compensación en la que se prioriza el centro pero se tiene en cuenta también una zona contigua más extensa. Este tipo de medición resulta más apropiado que el anterior si el fotógrafo no necesita calcular exhaustivamente las distintas zonas.

Un tercer caso es el de la **exposición matricial**. Aquí existe una variación importante entre las diversas marcas fotográficas, ya que cada una crea en este tema su propio método. En este tipo de exposición se divide la pantalla en diversas zonas, la cámara registra la exposición en cada una de ellas y decide la combinación idónea en función de un repertorio de situaciones estándares que tiene almacenadas en una base de datos. Así, por ejemplo, la cámara puede "decidir" si una situación es de contraluz y sobreexponer en consecuencia.

Los modos de exposición

Cada cámara digital dispone o puede disponer, según su nivel de prestaciones, de diversos modos de exposición o disparo.

Un primer modo es el **modo automático**. En este modo, la cámara determina la combinación idónea de velocidad de obturación y diafragma. Por otra parte, más allá de la exposición, el modo automático afecta también a otras funciones, como el balance de blancos o el autofocus. Normalmente, colocar la cámara en este modo implica automatizar la mayor parte de procesos. Algunos pueden colocarse en función manual en algunos modelos, en otros no es posible esta función, por lo que se mantiene el modo automático.

En el **modo S (shutter priority)** la cámara se coloca en el modo de exposición de prioridad a la velocidad de obturación. Esto significa que el fotógrafo selecciona manualmente la velocidad y la cámara ajusta automáticamente el valor de diafragma para lograr la exposición correcta. Esta modalidad de exposición

resulta adecuada cuando se trabaja con motivos en movimiento que es necesario reproducir nítidamente. La fotografía de deportes es paradigmática del uso de este tipo de programas. En ella se utilizan velocidades de obturación altas para congelar situaciones que habitualmente tienen lugar de forma acelerada y rápida.

Modo de exposición S



Las escenas deportivas recomiendan el uso de velocidades de obturación rápidas para congelar el movimiento.

El **modo A** (*aperture priority*) es en cierto modo el inverso al anterior, y en él la cámara se coloca en el modo de exposición de prioridad a la abertura. El fotógrafo selecciona un valor concreto de diafragma, y la cámara ajusta el valor necesario de obturación para lograr la exposición adecuada.

En este modo de funcionamiento es preciso estar alerta para que un valor de diafragma excesivamente cerrado en una situación de luz concreta no obligue a utilizar una velocidad de obturación demasiado lenta. Una combinación de diafragma 16 y obturación 2, por ejemplo, puede corresponder a una exposición correcta, pero, a no ser que se disponga de trípode, difícilmente la imagen será nítida.

Este modo de exposición con prioridad a la abertura resulta adecuado cuando se precisa controlar la profundidad de campo. Así, por ejemplo, es útil en la fotografía de paisajes o en el retrato. En ambas situaciones normalmente se pretende controlar la profundidad de campo, habitualmente con finalidades inversas. Trabajar en este modo de exposición permite controlar con mayor precisión el diafragma utilizado, y por tanto inferir las características de enfoque o desenfoco de nuestra fotografía.

Modo de exposición A



En la fotografía de paisajes, se acostumbra a trabajar con prioridad a la obturación del diafragma para tener mayor control de la profundidad de campo.

En el **modo M** (*manual*) el fotógrafo tiene la libertad total de decidir los valores de diafragma y velocidad que coloca en la cámara. Así puede subexponer o sobreexponer, si lo desea o precisa, para por ejemplo aplicar técnicas creativas. También le permite exponer voluntariamente para las sombras o las altas luces.

En este modo es factible realizar exposiciones de varios minutos dejando el obturador abierto.

Modo de exposición M



En el modo manual, los valores de obturación y diafragma se controlan individualmente. Puede recurrirse a este modo por necesidades de exposición concretas.

Finalmente, según los diversos modelos de cámara, se puede disponer de diversos **programas predeterminados**. Los programas predeterminados son programas especializados en situaciones concretas, en que la cámara lleva a cabo los ajustes considerados idóneos para esa situación, o presenta ayudas en pantalla, como por ejemplo en la toma de panorámicas o macros.

Habitualmente, se encuentran diversos programas mediante los cuales se hace trabajar a la cámara sobre la base de las necesidades de cada tema. Así, por ejemplo, en el programa de retrato se prioriza el enfoque sobre el motivo más cercano, en el de deportes se da prioridad a las velocidades de obturación altas y en el de panorámicas se presenta una digitalización parcial de la imagen que se acaba de captar, para ayudar a situar el encuadre siguiente.

Modos de exposición predeterminados

La imagen siguiente se tomó con el programa de fuegos artificiales de la cámara. Este programa proporciona automáticamente una velocidad de obturación lenta para poder captar así las estelas de los cohetes. También se ajusta la temperatura de color para exposiciones de interior, de modo que se compense el tono rojizo-amarillento de los fuegos.



La fotografía anterior corresponde a los fuegos artificiales en la playa de La Concha. La fotografía se disparó a pulso, sin trípode. Por esta razón los puntos de luz se desplazan y reflejan el temblor del fotógrafo. Usar un programa predeterminado no asegura la toma correcta de las imágenes; en el ejemplo hubiera sido necesario estabilizar la cámara mediante un trípode a causa de la velocidad de obturación lenta.

La sensibilidad

La sensibilidad de la cámara es el tercer factor que juega un papel importante en el control de la cantidad de luz. Del mismo modo que existen las escalas de velocidades de obturación y de aberturas de diafragma que tienen la particularidad de que cada valor doble al anterior o represente la mitad de luz, también la escala de sensibilidades se basa en el mismo principio. Así, en las películas y negativos se encuentra esta escala de valores ISO o ASA:

25	50	100	200	400	800	1.600
----	----	-----	-----	-----	-----	-------

mientras que en las cámaras digitales puede encontrarse esta otra:

100	200	400	800	1.600	3.200
-----	-----	-----	-----	-------	-------

Al igual que sucede con los pasos intermedios en las escalas del obturador y del diafragma, también aquí existen pasos que suponen $1/3$ de incremento o reducción de la sensibilidad.

Una primera conclusión que se deduce de la comparación de ambas escalas es que la cámara digital presenta mayor sensibilidad a la luz. Y esta constatación se acrecienta ante el hecho que muchas cámaras digitales tienen los 200 como sensibilidad mínima.

Asociados al incremento de sensibilidad existen problemas en uno y otro caso. En los negativos, a medida que se incrementa la sensibilidad lo hace el tamaño del grano. En las cámaras digitales, el incremento de la sensibilidad comporta un aumento progresivo del ruido. Ello se debe a que el sensor electrónico siempre trabaja a una única sensibilidad, la mínima de la cámara. El aumento de ISO tiene lugar por amplificación electrónica de la señal, y ello se traduce en un incremento del ruido. Se conoce con este término al conjunto de aberraciones de color que se generan al intensificar la señal electrónica que genera el sensor. Es recomendable, por tanto, trabajar a la sensibilidad mínima de la cámara siempre que sea posible.

Las posibilidades de la sensibilidad

El incremento de sensibilidad en una cámara digital permite disparar a pulso en situaciones de luz pobres, pero acostumbra a comportar un incremento del ruido.



No obstante el problema del ruido, la posibilidad de poder variar la sensibilidad de cada disparo en función de las necesidades de las situaciones con las que se encuentra el fotógrafo supone un avance sustancial respecto al hecho de trabajar con material negativo. Aquí es posible cambiar la sensibilidad sin cambiar de carrete, mientras que en una cámara digital puede modificarse foto a foto.

1.2.2. El equilibrio cromático: temperatura de color y balance de blancos

La **temperatura de color** es un concepto que despierta con facilidad incredulidad o extrañeza cuando se oye a los fotógrafos hablar de ella con la máxima naturalidad. Puede parecer un término rebuscado, pero es de los aspectos que intervienen siempre que se toma una fotografía. La temperatura de color es una cualidad de la luz que afecta inexorablemente a la imagen que se toma. La luz del amanecer antes de la salida del sol es fría, y habitualmente se plasma en tonos azules en la fotografía. La luz ambiente de las bombillas y de las velas es extremadamente cálida y se expresa en tonos amarillos y rojizos. Una

misma luz puede cambiar súbitamente de fría a cálida, antes y después de la salida del sol. La luz de las lámparas incandescentes, de los fuegos artificiales, del amanecer con sol es cálida. La de los días nublados es fría.

Diferencias importantes de la temperatura de color



A la izquierda, una imagen de madrugada a punto de salir el sol. A la derecha, una imagen de mañana con el sol cubierto por nubes.

El concepto de temperatura de color proviene del hecho de que un metal cambia de color a medida que su temperatura se incrementa. En torno a los 2.700 K (grados Kelvin) se emite luz de tonos rojizo-amarillentos, pero a medida que se incrementa la temperatura, los tonos tienden primero a blancos y después a azulados. El hecho de que se considere a las temperaturas de color bajas como cálidas y a las altas como frías no guarda relación con la temperatura real, sino que se trata de una consideración cultural.

Situaciones de iluminación nocturna



Las variaciones y mezclas de distintas temperatura de color son importantes.

La temperatura de color se mide en grados Kelvin. Se considera que una temperatura de 5.500 K equivale a la luz del sol al mediodía y se la considera luz blanca. En los ambientes nublados, la temperatura del color sube y la imagen tiende a una dominante azul, mientras que la iluminación artificial baja la temperatura y crea una dominante hacia el rojo.

El negativo fotográfico clásico está adaptado mayoritariamente a la luz diurna. La mayor parte de los films son para luz de día y sólo unos pocos menos conocidos están preparados para luz artificial. Pero captar fotos en otras condiciones distintas a las recomendadas para cada tipo de película implica no poder registrar adecuadamente los colores sin la ayuda de filtros. Así, es posible fotografiar con película para luz de día en ambientes iluminados con bombillas incandescentes si se coloca un filtro azul en la cámara. Y a la inversa, tomar fotos un día nublado sin que las imágenes tengan tonos fríos si se coloca un filtro anaranjado en la cámara.

A diferencia de la cámara analógica, la digital permite regular la temperatura de color mediante una operación que se denomina **balance de blancos**. Consiste en ajustar los niveles de los colores primarios para compensar la desviación de tonalidad que tenga la luz ambiente respecto de la luz blanca. Es de señalar que si bien la visión humana se adapta a estos cambios, el sensor electrónico capta los tonos existentes.

Habitualmente, las cámaras disponen de un menú para ajustar la temperatura de color:

- En la opción de **Automático**, el ajuste se lleva a cabo automáticamente en cada situación.
- La opción de **Luz de día** es para las situaciones de luz de sol directa.
- Puede existir una opción para el disparo con *flash*.
- **Nublado** y **Sombra** son ajustes para compensar la excesiva frialdad de estas situaciones.
- **Incandescente** es la opción para iluminación con bombillas incandescentes.
- **Fluorescente** se usa para compensar esta iluminación.
- En la opción de **Preajuste**, se lleva a cabo el ajuste manual. Es preciso buscar una superficie blanca que esté iluminada con la luz a equilibrar, dirigir hacia ella la cámara y apretar el botón de ajuste manual.

Aparte de estas opciones, es posible que la cámara disponga de un ajuste fino que permita calentar o enfriar progresivamente, y hasta cierto punto, una fotografía.

Cuando se dispara en modo **RAW** es indiferente el ajuste de temperatura de color que se coloque en la cámara, ya que el proceso de equilibrar el blanco se lleva a cabo durante la edición.

Uso del filtro de fotografía frío en Photoshop



La primera imagen (izquierda) es la original tomada por la cámara. La segunda (derecha), la misma imagen después de aplicarle el filtro (80) en Photoshop.

1.2.3. El horquillado

Existen situaciones en las que resulta difícil escoger el ajuste de balance de blancos apropiado y la combinación de velocidad de obturación y abertura de diafragma óptima para lograr una exposición correcta. Tradicionalmente, el fotógrafo ha aplicado una técnica para hallar la combinación de diafragma y velocidad óptima, consistente en disparar series de fotografías de la misma situación o motivo con variaciones de habitualmente $1/3$ de diafragma. En las variaciones sutiles entre una exposición y la siguiente, se busca la impresión de un nivel de altas luces y zonas de sombra que ofrezca el máximo de detalle en todas las áreas.

Las cámaras digitales permiten la realización de forma automática de este conjunto de operaciones. El proceso recibe el nombre de **horquillado** (o *bracketing*) y consiste en la realización automática de series de fotografías con incrementos sucesivos de valores de la exposición o de la temperatura de color.

En lo que respecta a la exposición, el fotógrafo puede especificar su incremento. En la fotografía digital el procedimiento no es más que una traducción del proceso manual que se seguía en la fotografía clásica.

En la serie siguiente se ha seleccionado la opción de disparar fotografías consecutivas con incrementos de $1/3$ de diafragma en cada una. A partir de la primera lectura de luz la cámara ha llevado a cabo la seriación.

Horquillado en la exposición con incrementos de un punto en cada toma



Pero a diferencia del tema de la exposición, en el de la temperatura de color las cosas cambian. En la fotografía clásica, el ajuste de la temperatura de color óptima no es posible sin el uso de los filtros correctores que se sitúan delante de la óptica. En la fotografía digital, en cambio, el ajuste del balance de blancos es una funcionalidad incorporada a las cámaras.

Así, del mismo modo que existe la opción del horquillado automático, para la exposición es posible el horquillado del balance de blancos. En este caso, la cámara lleva a cabo series de tres fotografías en las que se ajusta progresivamente la temperatura de color, desde un ajuste ligeramente cálido hasta otro con tendencia a colores más fríos.

En la siguiente serie puede observarse cómo varían gradualmente los tonos de las imágenes. La diferencia es muy sutil: desde tonos más fríos iniciales hasta un ligero naranja final. Se trata de un ajuste fino para que el fotógrafo pueda decidir posteriormente cuál es el ajuste de blancos que considera idóneo.

Horquillado en el balance de blancos con incrementos sucesivos de la temperatura de color en cada toma



1.2.4. El flash

Existen situaciones en las que la iluminación es insuficiente y es preciso utilizar fuentes complementarias, como el **flash**. El dispositivo produce una luz intensa e instantánea que se sincroniza con el disparo de la cámara. Tiene una temperatura de color similar a la de la luz de día.

La sincronización con la cámara se produce a partir de velocidades como 125 o 250, según los modelos. Es interesante que pueda sincronizar con una velocidad corta porque con una larga no existen problemas. Si la velocidad de obturación es de 30, es más fácil que durante el 1/30 de segundo de la exposición se dispare el flash, que no que lo haga en un periodo de 1/500, por ejemplo. El disparo del flash es del orden de milésimas de segundo. 1/10.000, 1/15.000 o 1/30.000 son velocidades habituales. Este hecho comporta que se pueda usar el flash para congelar un movimiento rápido del sujeto.

Combinación del disparo del flash con una velocidad de obturación larga



La luz del flash ha iluminado el diablo próximo a la cámara, y ha congelado su movimiento. La exposición larga ha permitido captar las chispas y ha hecho aparecer movidas a las personas del fondo.

Uno de los principales problemas del flash es que produce una luz dura, con contrastes intensos y sombras marcadas. El flash montado sobre la cámara acostumbra a producir este efecto. Es muy recomendable trabajar con el flash rebotando la luz en una superficie como el techo, una pared o una pantalla de reflexión. En estas situaciones la luz envuelve el motivo, las sombras desaparecen o se minimizan.

La luz dura del flash

Obsérvese la situación que se muestra de ejemplo a continuación, iluminada por un flash disparado contra el motivo y un flash rebotado.



La fotografía de la izquierda se ha realizado con el flash disparado hacia la flor. Los colores se aplanan y se queman con facilidad, aparecen sombras contra el fondo. En la de la derecha, el flash se ha disparado para que su luz rebote contra el techo. Los colores ganan en textura y aparece volumen en la flor. No hay sombras contra el fondo.

Para poder rebotar el flash es preciso que se pueda separar de la cámara. Los modelos de antorcha cumplen esta función a la perfección. Existen también accesorios que se acoplan a ellos y que de hecho son pantallas de reflexión portátiles. Algunos flashes incorporan una pantalla de reflexión retráctil que es de gran utilidad.

Para el cálculo de la iluminación y dejando aparte el flash manual, que está prácticamente en desuso, se utilizan o bien sistemas de control automático o bien sistemas TTL. Progresivamente, estos últimos se afianzan como los sistemas habituales.

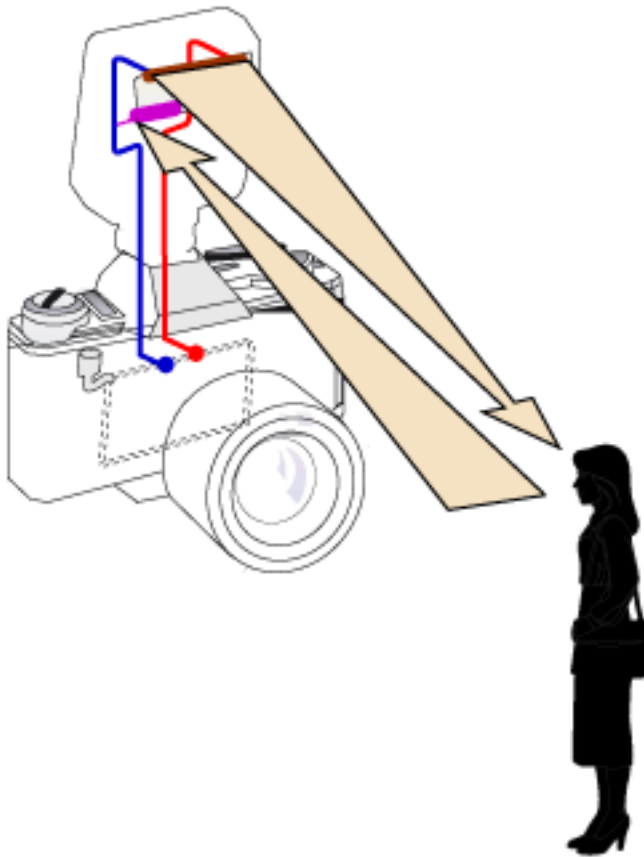
Tanto en la medición automática como en la TTL, el tiempo de destello del flash se regula, de modo que cuanto más cerca se encuentre el motivo que hay que iluminar, menor sea el tiempo de disparo del flash. Y al contrario, a mayor distancia, mayor tiempo de exposición.

En la medición automática, el sensor que capta la luz reflejada por el motivo se encuentra en el propio flash. Para ajustar la exposición, es preciso colocar la sensibilidad y el diafragma tanto en el flash como en la cámara. Puede ser el mismo diafragma, o disparar el flash un diafragma por debajo del valor de la cámara, cuando se trata de iluminar un motivo conservando una sensación de sombra parcial.

En el caso del control TTL del flash, el sensor que regula el tiempo se encuentra en la misma cámara y analiza la luz a través de la óptica. Por tanto tiene en cuenta los factores de iluminación ambiental o el uso de filtros en la cámara que con el flash de destello automático no se tienen en cuenta.

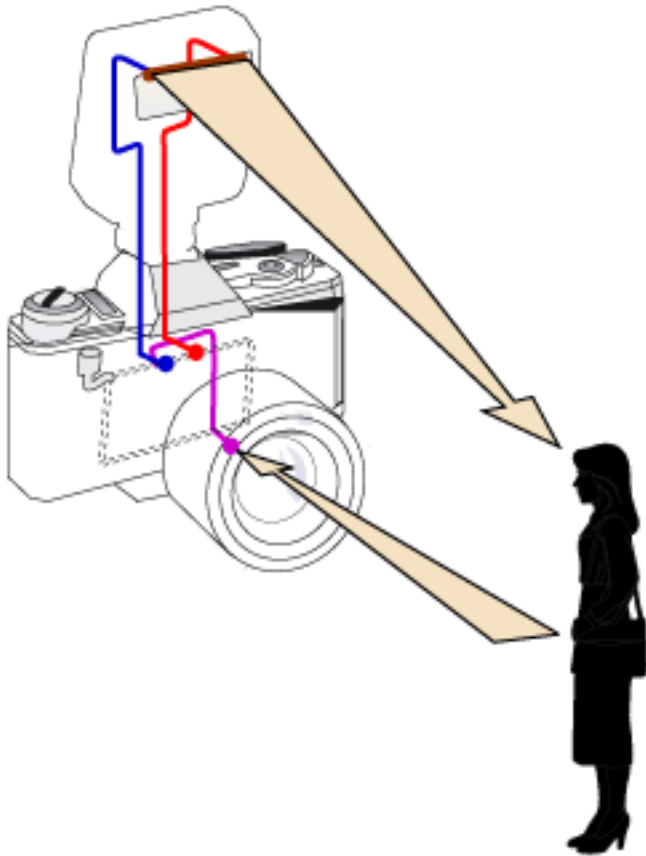
Los flashes TTL presentan también funciones complementarias, como la sincronización a la cortinilla trasera. Es una prestación muy interesante que permite combinar la luz del flash con exposiciones largas. Al disparar también el flash, es posible mezclar la iluminación más clara del motivo en un momento dado con la luz ambiente. Habitualmente, la sincronización del flash se produce al iniciar el disparo: casi todos los flashes sincronizan con la cortinilla delantera del obturador (cortinilla primaria), pero en los que cuentan con esta función, puede hacerse sincronizar opcionalmente con la trasera (segunda cortinilla).

Flash automático



En el flash automático, la célula receptora se encuentra en la unidad del flash y analiza la luz reflejada en el motivo.

Flash automático TTL



En el flash TTL, la célula receptora se encuentra en la cámara y el análisis de la luz se realiza a través de la óptica.

2. El rango dinámico y el histograma

En el apartado anterior se han descrito los mecanismos que se encuentran disponibles en la cámara para medir la cantidad de luz de una escena y controlar la forma como se regula la entrada de luz para conseguir la exposición correcta. El fotómetro mide la luz, y sobre la base de la sensibilidad a la que se trabaja se ajustan los valores de abertura del diafragma y de velocidad de obturación para que llegue al sensor la cantidad de luz necesaria y capturar fielmente los detalles del exterior. En este apartado se analizarán las características de diversas situaciones de luminosidad que se dan en una escena, y la forma como éstas son tratadas por la cámara.

Cualquier escena, al ser captada por la cámara, presenta una gradación de zonas que van desde unas áreas más o menos oscuras hasta otras más o menos brillantes. Los casos son diversos, ya que mientras unas veces una escena puede tener grandes diferencias de luz, en otras no existe demasiada diferencia entre la zona más brillante y la más oscura. E incluso en situaciones en las que las zonas más oscuras se aproximan al negro y las más claras al blanco, puede ocurrir que entre unas y otras exista una progresión de tonos gradual, o que por el contrario, prácticamente no existan tonos intermedios.



Fotografía con un rango tonal extenso.

De forma resumida, puede hablarse del **rango tonal** como la escala de grados de luminosidad que presenta una escena, y de **rango dinámico** como la capacidad de un dispositivo fotográfico de captar un número determinado de estos niveles de luminosidad.

Por ejemplo, un paisaje a contraluz, con hojas iluminadas y zonas de sombras profundas, tendrá un mayor rango tonal que un paisaje de tonos similares con iluminación uniforme. Sobre una y otra escena, un dispositivo como el sensor electrónico de la cámara puede ser insuficiente para captar todo el rango tonal en el primer caso y puede cubrir perfectamente el del segundo. El rango dinámico del dispositivo es fijo, pero mediante la exposición adecuada y técnicas posteriores de procesado, puede de hecho dilatarse.



Fotografía con menos variaciones en el rango tonal que el ejemplo anterior.

El problema no es nuevo, de hecho la relación entre rango tonal de una escena y rango dinámico de un dispositivo o material fotográfico es un tema con solera en el mundo fotográfico. Ansel Adams probablemente represente un ejemplo paradigmático al plantearse el problema y sistematizar una vía de solución al mismo. A continuación se lleva a cabo una breve referencia al trabajo de Ansel Adams. Se trata de una pincelada que pretende relacionar temas de la fotografía digital con los de la fotografía clásica, pero que el lector puede saltarse perfectamente e ir directamente al siguiente apartado.

2.1. Ansel Adams y el sistema de zonas

Ansel Adams nació en 1902 en San Francisco y fue ante todo un fotógrafo de paisajes, que definió y desarrolló un concepto tan clave en la historia de la fotografía como es el sistema de zonas.

El **sistema de zonas** consiste en la definición de niveles de gris de intensidad creciente en la imagen, los cuales cubren el abanico completo de tonos posibles desde el blanco hasta el negro. La zona 0 corresponde al negro y la zona X al blanco. Entre una y otra hay once zonas identificadas habitualmente mediante números romanos.

Lo importante del sistema es que las zonas permiten al fotógrafo relacionar sistemáticamente aquello que ve con el resultado que obtendrá en la copia final. Así, entre zonas, controles de obturación y diafragma en la cámara y tiempos de revelado, existe una correlación que permite el análisis y control riguroso del proceso fotográfico. La intensidad de una zona duplica o divide por la mitad la intensidad de las zonas contiguas, del mismo modo que los cambios en un punto de los valores de diafragma, velocidad de obturación o valores ISO suponen el paso del doble o la mitad de la cantidad de luz. La combinación sistemática de los valores de las zonas y de los controles de la cámara posibilita que el fotógrafo pueda decidir el grado de textura y detalle de áreas determinadas de la imagen, controlando que aquello que ha previsualizado en un inicio se plasme en la copia final.

Previsualización "fotográfica"

Para Ansel Adams, la toma de imágenes no es una traducción rápida de la realidad, sino que se basa en una búsqueda intuitiva del significado, la composición, la forma y la estructura. Adams considera que el primer paso para la obtención de una fotografía es la previsualización, entendida ésta como la habilidad de construir una visión anticipada de la copia final antes incluso de haber sacado la cámara de la bolsa. Habitualmente, el fotógrafo aprende a ver la realidad enmarcada en los límites del visor, mediatiza la realidad externa en relación con las reglas y los condicionantes del lenguaje fotográfico. Ansel Adams lleva el procedimiento a un nivel de máxima exigencia al unir las reglas de la composición con los procedimientos pormenorizados para controlar la exposición.

Para Adams, la imagen se construye inicialmente en la mente, como si de un cuadro se tratara, y la previsualización que lleva a cabo no atañe únicamente a la distribución de los elementos, sino que también alcanza al proceso físico. Es necesario que el fotógrafo tome, para cada imagen, un conjunto de decisiones que relacionan la exposición, el revelado del negativo y el positivado de la copia final mediante una metodología conocida como *sistema de zonas*.

La música en el sistema de zonas

A pesar de que la primera idea de Ansel Adams respecto a su futuro profesional fuera la de ser pianista, su interés se centró pronto en la fotografía, se dice que intentando captar los paisajes del Yosemite National Park. De músico a fotógrafo, una combinación no especialmente significativa a primera vista, pero que muy bien pudo contribuir en generar una relación entre la progresión de las notas musicales en el teclado del piano y la gradación de tonos de intensidad creciente del sistema de zonas.



Fotografía de paisaje con zonas entre el negro y el blanco.

El número de zonas que se muestran en una imagen constituye la **gama**. Una fotografía con suficiente contraste y una gradación de tonos continua tendrá una gama distinta de otra con menor contraste o con vacíos en los tonos. No existe una norma de representación única, sino que el fotógrafo decide la combinación que cree idónea para lo que quiere mostrar o comunicar. El sistema de zonas es la metodología que le permite controlar el proceso.



Fotografía de paisaje con una escala variada de zonas.

En un primer momento las decisiones atañen a la exposición. El principio básico en la fotografía tradicional es el de exponer para las sombras y revelar para las luces. Es necesario calcular la exposición de modo que las zonas oscuras tengan textura suficiente, ya que una exposición corta las deja empastadas, sin detalle. No obstante, calcular la exposición para obtener detalle en las sombras comporta una sobreexposición general que provoca que las zonas de altas luces que se aproximan al blanco reciban demasiada luz. En estas condiciones,

un revelado normal las quemaría. Y aquí es donde entra la segunda parte de la fórmula, la de revelar para las luces. Reducir el tiempo de revelado del negativo de modo que dichas zonas conserven textura es el mecanismo que compensa la sobreexposición anterior.

Estos procedimientos, las modificaciones de la exposición y el tiempo de revelado, posibilitan la expansión o reducción del contraste. Así, sobrerrevelar incrementa el contraste, mientras que subrevelar lo reduce. Un negativo puede aplanarse cuando tiene excesivo contraste o levantarse cuando tiene poco. El control que tiene del proceso fotográfico mediante el sistema de zonas abarca también otros aspectos como el filtrado, el contraste del papel o el uso de reservas durante la ampliación.

Como resumen de las ideas básicas, cabe comentar que el problema que abordaba Ansel Adams sigue teniendo plena actualidad. ¿Cómo representar un rango tonal mediante la fotografía? Si el rango tonal de una escena es superior al rango dinámico que se obtiene a partir de un proceso fotográfico, ¿cómo comprimirlo? O en el caso de que sea excesivamente reducido, ¿cómo expandirlo? Ansel Adams aplica procedimientos en los que expone para las sombras y revela para las altas luces, se ayuda de filtros para controlar la reproducción de los tonos de una escena y experimenta para obtener un conocimiento profundo del comportamiento de los distintos materiales sensibles.

En la fotografía digital los procedimientos que habrá que aplicar son distintos. Varía la forma de exposición y varían las técnicas para expandir o comprimir la escala de reproducción de tonos de una escena. En apartados sucesivos se entrará con mayor detalle en los procesos digitales específicos. Aquí únicamente se pretende poner de relieve la importancia de la relación entre el rango tonal de una escena y el rango dinámico de un dispositivo.

2.2. El rango tonal y el rango dinámico

Como se ha comentado ya, el rango tonal y el rango dinámico son dos conceptos que se interrelacionan.

Cualquier escena presenta zonas de distinta luminosidad que pueden representarse en una gradación de tonos de intensidad creciente.

El rango tonal constituye la escala en la que se representan los tonos de una escena. El rango dinámico de un sensor electrónico determina la cantidad de tonos de una escena, es decir, del rango tonal de la misma, que será capturado al realizar una fotografía. Un dispositivo con un gran rango dinámico capturarán mayor cantidad de tonos que otro con un rango dinámico menor.

En la definición de rango dinámico existe un elemento clave a tener en cuenta. No se incluyen en el rango dinámico efectivo de un sensor los tonos que no se reproducen nítidamente y con detalle. Las zonas que se reproducen con un nivel importante de ruido no se consideran válidas.

El rango dinámico se mide de forma equivalente a los pasos de diafragma. Por tanto, un sensor con un rango dinámico de 6 podrá reproducir detalles en 6 zonas de la escena. Y retomando aquí la formulación de zonas de Ansel Adams, cada una de estas zonas se corresponde con los valores de la escala de diafragmas. Así, del mismo modo que entre un diafragma y los contiguos la cantidad de luz se duplica o divide por la mitad, entre cada uno de los niveles se representan detalles de la escena con el doble o la mitad de luz que los niveles adyacentes.

El rango dinámico se muestra perfectamente en las cámaras digitales mediante el histograma. Prácticamente en todos los modelos es posible visualizar esta representación gráfica una vez tomada la foto. El histograma acaba siendo una herramienta clave a la hora de valorar la exposición de cada imagen. Se trata de un gráfico en el que en el eje horizontal se representan los tonos, en la parte izquierda las sombras y en la derecha las altas luces. En el eje vertical las alturas sucesivas representan la cantidad de píxeles existentes en la imagen en cada nivel de luminosidad.

En el momento de tomar las fotos, el análisis del histograma se convierte en una herramienta de gran ayuda para el fotógrafo. Con frecuencia trabajar a la luz del día provoca que sea complicado poder analizar visualmente y de forma adecuada la imagen que se muestra en la pantalla de la cámara. Es difícil evaluar si está quemada, si las sombras están o no empastadas o si el grado de contraste es el correcto. El histograma se convierte en una herramienta más fiable que permite una evaluación más objetiva de la distribución de tonos de la fotografía.



Fotografía de paisaje con una escala variada de zonas.

3. La exposición en fotografía digital

Como ya hemos comentado, el histograma muestra la distribución de píxeles en cada uno de los niveles de luminosidad. Los ejemplos de distintos histogramas muestran la relación de los gráficos con las características de la imagen captada. La conclusión obvia es que el histograma es una herramienta idónea para analizar la exposición correcta; ahora bien, ¿qué curva debe presentar en una forma óptima el histograma? ¿Es recomendable una curva centrada y simétrica? ¿Es preferible otra escorada? y si éste es el caso, ¿hacia dónde será la desviación, hacia las sombras o hacia las luces?

En la fotografía clásica el principio básico formulaba que en situaciones de alto contraste la exposición del negativo debía optimizarse para las sombras, y posteriormente compensar la sobreexposición reduciendo el tiempo de revelado. En fotografía digital el principio es el inverso. Es preciso exponer para las altas luces, para después expandir el rango tonal mediante herramientas de edición. Existe una razón para este cambio en la forma de exposición. Se verá a continuación para después analizar algunos ejemplos.

Exposición automática y sobreexposición



Se ha visto en el apartado del rango dinámico que éste se concreta en un número de diafragmas. Un sensor con un rango dinámico de 6 podrá captar detalle en un abanico de 6 niveles de diafragma. Podría pensarse que, en consecuencia, si se divide la información disponible por 6, se obtiene el volumen de datos que se generan para cada diafragma. Pero en realidad la distribución de la forma no es un reparto aritmético, sino una progresión geométrica.

La película y el sensor ante los cambios de luz

El ojo reacciona a los cambios de luz de forma no lineal. Pasar de ver a pleno sol o a ver en una zona de sombra supone ver menos, esto es evidente. Pero no ver miles de veces menos, como ocurre en realidad si se atiende a la cantidad de fotones en una situación y la otra. Los cambios de luz son lineales. La respuesta del ojo a ellos es progresiva. La

película fotográfica y el diafragma están concebidos para que respondan de forma similar al ojo. Es decir, de forma progresiva. El sensor electrónico no. Tiene una respuesta lineal, y para poder analizar el doble de luz debe poner en marcha el doble de células.

La mitad de los píxeles del sensor se destinan a analizar las altas luces, es decir, el diafragma más alto. La cuarta parte, a analizar el diafragma anterior, y la octava parte al anterior a éste. En consecuencia, el diafragma correspondiente a las sombras dispone únicamente de 1/64 de los píxeles disponibles.

Supóngase que se trabaja en RAW. Habitualmente el sensor genera en estos casos una información que se analiza con una profundidad de 12 bits. De este modo, para describir la luz entre el negro y el blanco se dispone de 4.096 niveles. La mitad de ellos se destinan al diafragma más cerrado, la cuarta parte, al diafragma anterior y sólo el 1/64, al diafragma más abierto. Recordad que el diafragma más cerrado es el que capta los tonos de las altas luces mientras que el más abierto lo hace en los tonos de las sombras. Colocado en una tabla, los valores que cabe analizar en cada diafragma quedarían como sigue:

Diafragma	2,8	4	5,6	8	11	16
Niveles	64	128	256	512	1.024	2.048

Se hace evidente que subexponer un diafragma es perder la mitad de capacidad de análisis del sensor. Dicho de otro modo, reducir a la mitad los tonos disponibles para construir una imagen.

Si en lugar de RAW se trabaja en jpg, la pérdida para la misma situación es mucho más dramática. El jpg no admite más de 8 bits y por tanto el máximo número de niveles disponibles es $2^8 = 256$. En consecuencia, la tabla debe reformularse de la siguiente manera:

Diafragma	2,8	4	5,6	8	11	16
Niveles	4	8	16	32	64	128

Vista esta forma de distribución, cabe plantearse qué ocurre cuando se subexpone un diafragma. La respuesta es obvia, se desestiman la mitad de los recursos en cada caso, 2.048 niveles en uno y 128 en otro.

Los píxeles y la sensibilidad

La razón de esta distribución se encuentra en la respuesta lineal del sensor a la luz. Para analizar el doble de luz son necesarios el doble de píxeles, y la misma proporcionalidad se sigue para cada incremento o cada reducción.



Para trabajar la exposición de esta manera, es necesario disparar la cámara en modo manual, ya que el resto de modos se basan en la lectura de la luz que hace la cámara y el cálculo de los valores de velocidad y diafragma en base a los programas o prioridades que se hayan colocado en la cámara.

Recordad que normalmente existen tres modos de lectura: central, con ponderación al centro y matricial. Para una lectura acotada sobre zonas concretas su utiliza la lectura central, en la que el fotómetro capta la luz de áreas muy concretas. Mellado recomienda seleccionar la zona más brillante que se desea reproducir con detalle (corresponde a la zona 7 de la gradación de zonas de Ansel Adams) y sobreexponer dos diafragmas para que la curva acabe justo en el punto máximo de las altas luces en el histograma.

Mellado plantea también otro método, que denomina pasivo, y lo contrapone al anterior, que lo define como activo. Consiste en disparar, observar el histograma y sobre o subexponer en pasos sucesivos hasta lograr que la exposición se sitúe en la zona de las altas luces. Es un método que no presenta más problemas que la inversión de tiempo y el gasto de batería.

Una forma de trabajo que resulta práctica también cuando la cámara dispone de controles de sub y sobreexposición es partir de la lectura de la cámara, observar el histograma e incrementar o reducir pasos de sub o sobreexposición en función de la forma como se quiere exponer la imagen.

Finalmente, existe otra opción. Si la cámara tiene la función de Altas luces², se muestran sobre la pantalla del visor destellos parpadeantes que indican las zonas en las que los píxeles han sobrepasado en máximo de luz y son ya blanco sin detalle. Mediante este método, se trata de disparar al máximo de luminosidad llegando hasta un punto antes de que aparezcan los indicadores de altas luces. En el fondo se trata del mismo método que el caso anterior, pero sustituyendo la visualización del histograma por la función de altas luces.

Lectura recomendada

Sobre los modos de lectura, puede verse la obra de J. M. Mellado (2006). *Fotografía digital de alta calidad*. Barcelona: Artual.

⁽²⁾Esta denominación de la función puede variar de una marca a otra.

La función Altas luces de algunas cámaras

Mediante la función Altas luces, se resaltan de algún modo las zonas quemadas. Este ejemplo corresponde a una captura de pantalla en un revelador de RAW. La misma imagen en el visor de la cámara con el indicador de Altas luces activado, muestra, con una intermitencia entre blanco y negro, la zona quemada que aquí se visualiza en rojo.



4. Las imágenes HDR

Más allá de los 16 bits, algunas versiones de software como el Photoshop permiten también un tratamiento a 32 bits. Son las denominadas imágenes de alto rango dinámico. En la realización de estas imágenes se ponen en juego necesidades y requisitos con metodologías de trabajo que recuerdan el proceso lento y minucioso que seguía Ansel Adams para captar los paisajes míticos de su obra. Las imágenes de alto rango dinámico se construyen a partir de series de fotografías que captan un mismo motivo, con abanicos que van desde seis o siete diafragmas de subexposición hasta el mismo número de diafragmas de sobreexposición. El trípode es imprescindible para conseguir que no haya más cambios en los fotogramas que los derivados de los cambios de velocidad de obturación. No es posible aplicar el procedimiento a sujetos en movimiento. Las series resultantes se combinan en archivos de 32 bits y permiten obtener rangos dinámicos con valores claramente superiores a los procedimientos basados en exposición de un único archivo con posterior tratamiento mediante herramientas de ajuste de la gama.

HDR corresponde a las iniciales de *high dynamic range*, es decir, **imágenes de alto rango dinámico**; son imágenes con una capacidad de reproducir detalle en una escala de zonas superior a la habitual. Si, como se ha comentado, un sensor puede tener un rango dinámico de 6, una imagen HDR puede presentar un rango dinámico superior a 10.

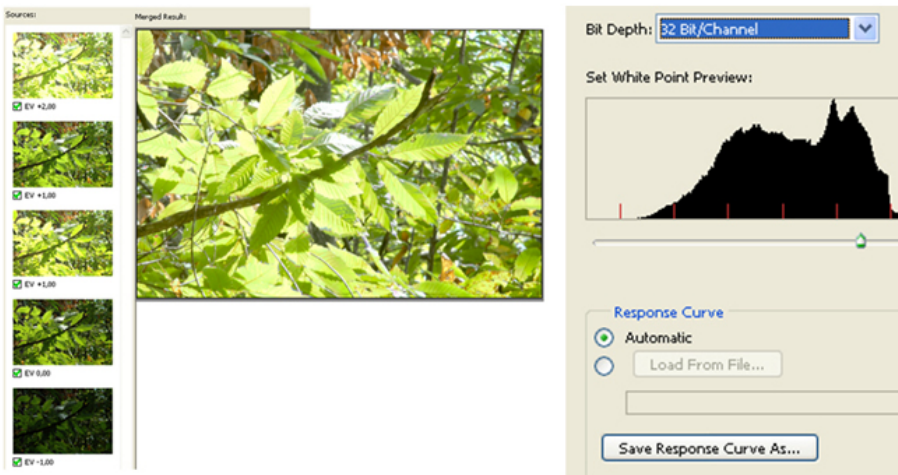
Se trata de un procedimiento incorporado a Photoshop desde la versión CS2 y consiste en una imagen a 32 bits. Para su realización se toman series de fotografías estáticas de un tema, de modo que entre una y otra existan uno o dos puntos de diferencia de luz. Posteriormente, la serie de fotografías se abre en la aplicación y se llevan a cabo ajustes en la gama con herramientas como Niveles o Curvas.

Las prestaciones que se requieren del procesador, memoria RAM del equipo y rendimiento de la tarjeta gráfica son elevadas. Trabajar a 32 bits con series de quizás 8 o 10 fotografías captadas a plena resolución y probablemente en formato RAW no es algo trivial. Pero si los problemas tecnológicos se resuelven, las imágenes de alto rango dinámico pueden resultar de gran interés y pueden mostrar detalle en una extensa gama de zonas.

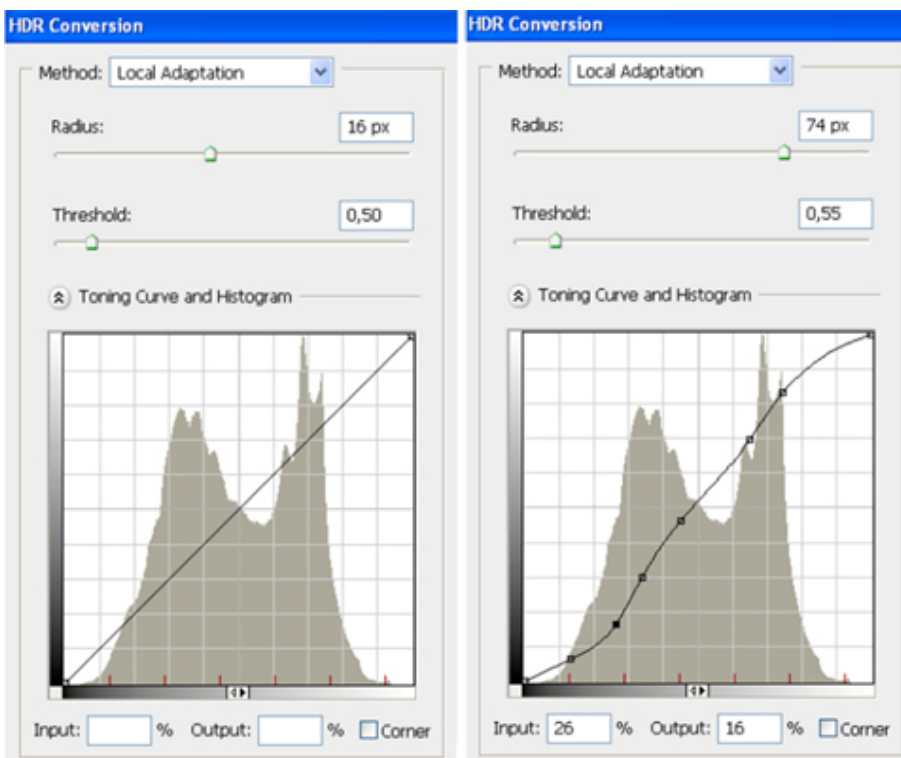
Para la realización de fotografías en HDR es preciso captar series de imágenes con incrementos progresivos de la exposición. Es preferible modificar la velocidad de obturación y mantener fijo el diafragma para evitar así posibles problemas con la profundidad de campo. En la serie siguiente se han captado las fotos con incrementos de 1 punto, variando la velocidad de obturación.



A continuación se abren las imágenes en Photoshop mediante la instrucción de automatización de combinar para HDR. En pantalla se muestra la serie de fotografías de origen y una imagen previa de la composición.



En el siguiente paso, se escoge un método de conversión para las imágenes. En el histograma aparecen los niveles del rango dinámico disponibles. El cuadro de diálogo para editar es similar al de Curvas. Los ajustes se llevan a cabo de forma selectiva en cada zona.



El resultado se exporta como archivo gráfico:

