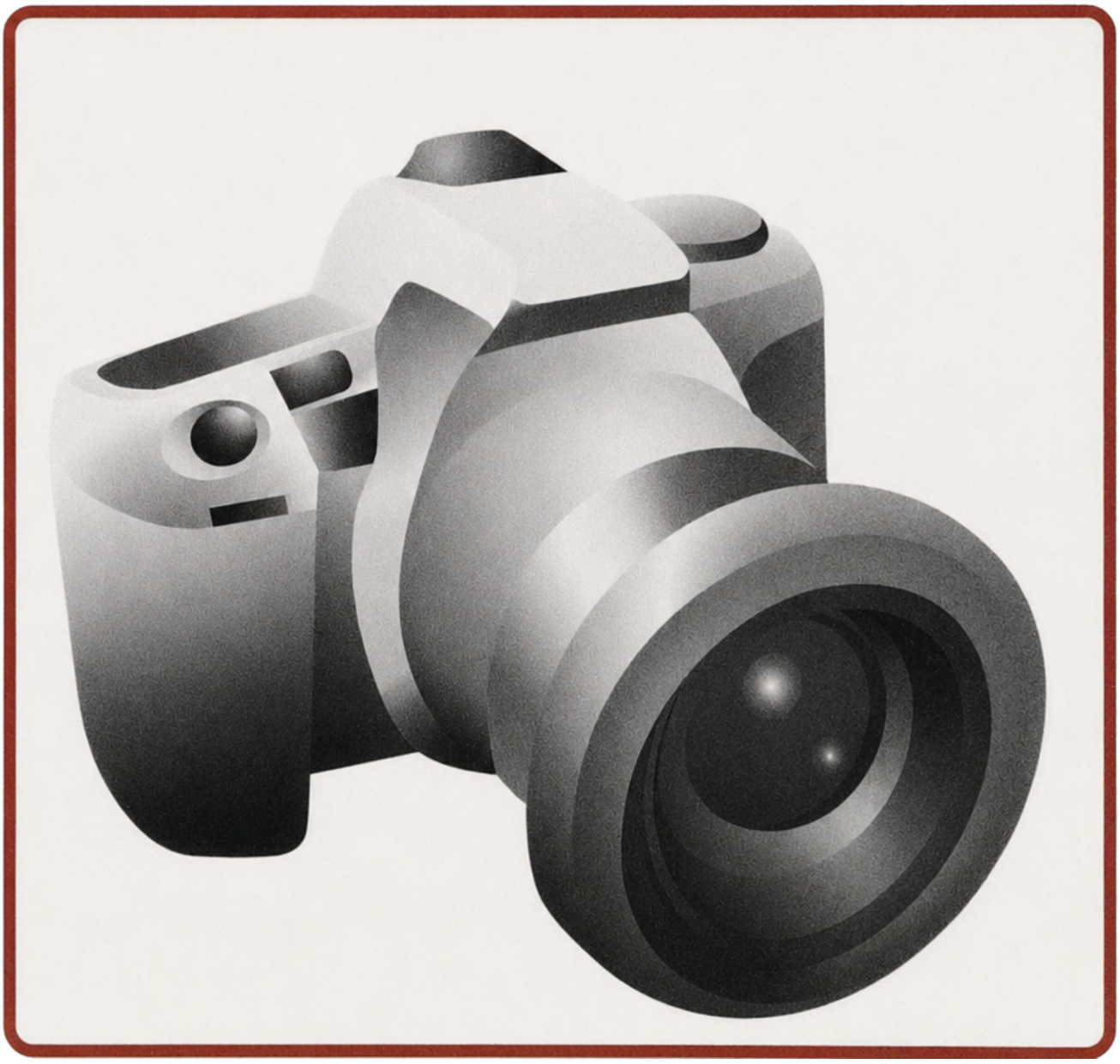
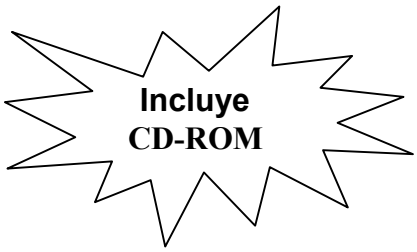
FOTOGRAFÍA

ANALÓGICA AVANZADA



AULA MENTOR

Fotografía Analógica



COORDINACIÓN

Ana Isabel Arribas Partido

AUTORES

David Gómez Lozano

EDICIÓN

Libro: Ana Isabel Arribas Partido
Portada: Eduardo Sánchez Rubio

Ministerio de Educación, Cultura y Deporte
Secretaría General de Educación y Formación Profesional
Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa

Madrid. Julio de 2003
NIPO 176-03-131-2

SUMARIO

SUMARIO 1
0. Introducción 5
0.1. Presentación 5
0.2. La Imagen Fotográfica. Antecedentes. Nacimiento y Evolución de la Fotografía 9
0.3. Los Distintos Procesos Fotográficos a lo largo de la Historia 15
0.4. La Fotografía, Hoy: Fotografía Analógica Vs Fotografía Digital. Procesos Fotográficos Híbridos 19
Bibliografía Específica sobre el Tema 0: 21

I. La Luz 25
1.1. Espectro Electromagnético y Espectro Visible 25
1.2. Teoría del Color 27
1.3. Propiedades de la Luz 29
1.4. Temperatura de Color 33
1.5. Síntesis Aditiva y Síntesis Sustractiva 37
Ejercicios Prácticos Propuestos 39
Bibliografía Específica sobre el Tema I: 41
Ficha al margen: *Filtros* 43
APÉNDICE 45

II. La Cámara 51
2.1. La Cámara Oscura 51
2.2. De la Cámara Oscura a la Cámara Fotográfica 53
2.3. Elementos Básicos de una Cámara Fotográfica 55
2.4. Tipos de Cámaras: Aplicaciones 63
Ejercicios Prácticos Propuestos 69
Bibliografía Específica sobre el Tema II: 71

III. El Material Sensible 73
3.1. Sustancias Sensibles a la Luz 73
3.2. Evolución de las Emulsiones Fotográficas 75
3.3. Sensibilidad Espectral 77
3.4. Estructura Física de los Materiales Sensibles Actuales 79
3.5. Formatos de Material Sensible 83
3.6. Características de una Emulsión Sensible 89
Ejercicios Prácticos Propuestos 97
Bibliografía Específica sobre el Tema III: 99
Apéndice I: Emulsiones Fotográficas: Tres Casos Especiales: 103
Apéndice II: Emulsiones para Fotografía Instantánea 105
Apéndice III: Fotografía Digital: Dispositivos Captadores y Almacenadores 107

IV. La Exposición 111
4.1. Ley del Cuadrado Inverso 111
4.2. Exposiciones Equivalentes. Valores de Exposición (EV). Ley de Reciprocidad y Excepciones 113
4.3. Exposición Correcta. Sobre– y Subexposición 119
4.4. Exposímetros de Cámara y de Mano. Medición de Luz Incidente y Luz Reflejada. Medición Puntual 121
4.5. Cálculo del Contraste de la Escena y Elección de la Exposición Adecuada 125
Ejercicios Prácticos Propuestos 127
Bibliografía Específica sobre el Tema IV: 129
APÉNDICE: El Sistema de Zonas 131

V. Formación de la Imagen. Lentes Simples y Objetivos 143
5.2. Lentes simples 145
5.3. Lentes Convergentes y Distancia Focal 147
5.4. Evolución de las Lentes Fotográficas 149
5.5. Diseños Actuales de Objetivos Fotográficos 151
5.6. Objetivos para Usos Especiales 155
5.7. Características de los Objetivos Fotográficos 157
5.8. Cómo elegir el objetivo adecuado 163
Bibliografía Específica sobre el Tema V: 169
Apéndice: FUNDAMENTOS DE OPTICA 171
Fichas 181

VI. Control de la Nitidez 183
6.1. Borrosidad y Nitidez.....191
6.2. Profundidad de Foco 185
6.3. Profundidad de Campo 187
6.4. Sistemas de Enfoque 191
Ejercicios Prácticos Propuestos 193
Bibliografía Específica sobre el Tema VI: 195
Apéndice I: Círculo de Confusión y Tamaño de Ampliación 197
Apéndice II: Más Sobre la Profundidad de Campo y la Profundidad de Foco 201
Apéndice III: Distancia Hiperfocal..... 205

VII. Perspectiva 207
7.1. Definición:..... 207
7.2. Perspectiva Geométrica 209
7.3. Perspectiva Real y Distancia Correcta de Observación 211
7.4. Distancia Mínima de Observación y Lupas 217
7.5. Estereoscopía 219
7.6. Perspectiva Aparente 221
7.7. Perspectiva y Punto de Vista 223
7.8. Distorsiones de la Perspectiva 225
7.9. Perspectiva en un Plano No Vertical..... 227
7.10. Perspectiva Panorámica..... 229
Ejercicios Prácticos Propuestos 231
Bibliografía Específica sobre el Tema VII: 234

VIII. Procesado del Material Sensible 235
8.1. Introducción 235
8.2. Concepto de Imagen Latente 237
8.3. Concepto de Revelado 239
8.4. Velo y Nivel de Revelado 241
8.5. Productos de Revelado de Material en Blanco y Negro 243
8.6. Factores que Influyen en el Proceso de Revelado 245
8.7. Procesado de Diapositivas y Negativos en Color: Productos y Características 249
8.8. Procesado de Copias en Color: Productos y Características .. 251
8.9. Alteraciones en el Procesado. Forzados. Revelados Cruzados 253
8.10. Defectos Comunes y Causas. Evaluación de Resultados..... 255
Bibliografía Específica sobre el Tema VIII 261

Apéndice a: Glosario de Procesos para Fotografía en Color 263
Apéndice b: Límites al aprovechamiento de los materiales sensibles 269
Apéndice c: Monobaños..... 271
Apéndice d: Revelado *Físico* y Revelado *Químico* 273
Apéndice e: Procesado de Imágenes Digitales..... 275

IX. Composición 277
9.1. Introducción. Elementos y Reglas Básicas de Composición 277
9.2. Elección del Punto de Vista 279
9.3. Punto, Línea Plano 281
9.4. Simetría y Asimetría.....295
9.5. Sección Áurea y Regla de los Tercios 287
9.6. Dirección y Calidad de la Luz. Textura 289
9.7. Color: Consonancia y Disonancia, Complementariedad y Similitud 291
9.8. Perspectiva Aérea..... 297
Ejercicios Prácticos Propuestos 299
Bibliografía Específica sobre el Tema IX: 301

X. Iluminación 303
10.1. Cualidades de la Luz: Intensidad, Color, Difusión y Dirección 303
10.2. Naturaleza de la luz 309
10.3. La Iluminación en la Práctica 315
Bibliografía Específica sobre el Tema X..... 321

0. Introducción

0.1. Presentación

Todos sabemos de modo intuitivo lo que es una fotografía. Estamos expuestos a ellas todo el tiempo y en todas partes: en la calle, en forma de vallas publicitarias, en los escaparates, cines, kioscos, en nuestra propia casa, en los libros y revistas que leemos, en los envases de los productos que consumimos, incluso en nuestros bolsillos, en el carné de conducir o el de identidad, posiblemente incluso hasta en la tarjeta de crédito llevamos impresa una fotografía.

Nuestra cultura se apoya en el medio fotográfico de un modo tal que resulta difícil imaginar un mundo sin imágenes fotográficas. De hecho, las fotografías han llegado a usurpar en muchas ocasiones el protagonismo a la mismísima realidad, de la que supuestamente son mera reproducción.

El valor probatorio de las imágenes fotográficas no se discute. La opinión pública se basa en la existencia y distribución universal de imágenes fotográficas de los hechos que a diario ocurren en nuestro planeta y aún fuera de él. Cuando en la pantalla del televisor o la primera plana de un periódico observamos el efecto devastador de un huracán o la final olímpica de los cien metros lisos, nadie se plantea que pueda tratarse de algo irreal. *Si hay foto, el hecho es cierto*.

Sugerencias

Gracias a las fotografías, podemos conocer la existencia de personas y lugares a los que nunca tendremos acceso directo, tanto por imposibilidad geográfica como temporal. Albert Einstein murió antes de que yo naciera, pero gracias a la Fotografía mi memoria conserva una imagen precisa de su aspecto físico. Probablemente, nunca viajaré al Polo Norte ni saldré de la atmósfera terrestre, pero gracias a las imágenes que existen de estos lugares puedo hacerme una idea de cómo es el paisaje ártico o nuestro planeta visto desde el espacio.

El valor de las imágenes es reconocido por igual en todas las culturas contemporáneas. El ser humano muestra un interés casi universal por atesorar imágenes de todo tipo, principalmente de los seres y objetos que le son afines. Esto, unido al carácter lúdico atribuido al acto de tomar fotografías, ha extendido la afición por fotografiar hasta un punto tal que no se concibe un viaje turístico o unas vacaciones sin fotos. De igual modo, el profesional que vive de realizar fotografías es considerado a menudo como un individuo privilegiado.

Por otro lado, existe un desconocimiento casi general sobre la génesis de las imágenes fotográficas. Se sabe, sí, que las fotografías son imágenes de la realidad, obtenidas mediante el empleo de ciertos aparatos, las cámaras fotográficas, y está muy extendida la (errónea) idea según la cual el precio de la cámara sería directamente proporcional a la calidad de las imágenes que con ella puedan obtenerse.

Pero ¿qué es la Fotografía? ¿Cuál es la naturaleza del proceso fotográfico?

Definición: Fotografía

Pues bien, lo que hoy en día entendemos por Fotografía es, básicamente y a grandes rasgos, un proceso óptico – físico – químico por el cual somos capaces de captar la luz reflejada por los objetos que nos rodean mediante el empleo de un material fotosensible [*película* fotográfica], con ayuda de un aparato especialmente diseñado para ello [*cámara* fotográfica]. La sustitución de la película fotográfica por un dispositivo fotosensible electrónico en las modernas cámaras digitales plantea toda una revolución conceptual y sin duda provocará cambios estructurales en el medio fotográfico a muy corto plazo.

Ver Animación 0.1. en el Cd-rom: "Objeto real – rayos de luz – cámara – película – imagen fotográfica del objeto real"

Definición: Proceso fotográfico

Durante el proceso fotográfico se produce una transformación de la luz desprendida por la materia, que acaba convertida en imágenes similares a las que nuestros ojos perciben. De hecho, el procedimiento de captación de la luz empleado en las cámaras fotográficas es básicamente el mismo que el de nuestros ojos.

Pese a lo que pueda parecer, las fotografías no son cosa de hoy ni de ayer. La imagen más antigua que se conserva está datada en la tercera década del siglo XIX. Han pasado, pues, casi dos siglos desde la introducción de la Fotografía. Y en este tiempo, el desarrollo del medio ha sido imparable. Desde las primeras *vistas*, que exigían poses inmóviles de muchos minutos para obtener imágenes borrosas y monocromas, hasta las actuales exposiciones de apenas una diezmilésima de segundo que permiten obtener detalladas reproducciones a todo color, desde las cámaras *de agujero* hasta la última generación de cámaras digitales, la Fotografía ha evolucionado enormemente.

El porqué del nacimiento de la Fotografía puede explicarse sólo si se entiende el momento histórico en que ésta surge. El siglo XIX fue un período de grandes invenciones: la máquina de vapor, el globo aerostático tripulado, el telégrafo...y la cámara fotográfica. Al fin y al cabo, una cámara no es ni más ni menos que una máquina capaz de transformar la energía lumínica en una imagen tangible.

Puede decirse que la aparición y desarrollo práctico de cualquier proceso tecnológico implica, entre otras cosas, una base de conocimiento empírico, producto de largos siglos de búsqueda científica. La Fotografía parte de los conocimientos de Óptica atesorados por la Humanidad desde Aristóteles y aún antes de éste. Pero también precisa de los conocimientos de Física y Química que, desde la Edad Media, planteaban el estudio de la fotosensibilidad de ciertos materiales.

La suma de conocimientos tan dispares hizo posible que en 1.839 Louis Jacques Mandé Daguerre (1.787 – 1.851) y William Henry Fox Talbot (1.800 – 1.877) propusieran al mundo dos procedimientos diferentes, pero igualmente efectivos, para capturar imágenes de la realidad. Si en un principio triunfó la propuesta de Daguerre (la *daguerrotipia*), esto no se debió más que a un factor casi anecdótico: su salida al mercado se produjo sólo cuando el producto se hallaba en un óptimo nivel de desarrollo. Mientras, Talbot se vio obligado a lanzar su *calotipia* sin haberla desarrollado hasta sus últimas posibilidades, ante el temor de verse relegado a un segundo plano por el invento de Daguerre. El paso del tiempo acabó por encumbrar a Fox Talbot como el *padre de la Fotografía* y a su proceso de obtención de matrices negativas y positivos múltiples e idénticos como el procedimiento fotográfico por antonomasia.

El estudio del proceso fotográfico en su conjunto facilita la toma de fotografías de un modo más coherente y preciso. Además, no debe menospreciarse la capacidad que el conocimiento profundo del medio nos ofrece para evaluar de un modo más sutil la carga informativa de las numerosas imágenes que a diario nos bombardean.

Por todo ello, resulta de especial interés conocer y controlar los mecanismos que rigen la génesis de las imágenes fotográficas. El presente curso pretende ser un instrumento que ayude tanto a la hora de resolver cualquier supuesto práctico en que un fotógrafo aficionado pueda verse involucrado, como planteando nuevos puntos de vista durante el consumo cotidiano de imágenes externas.

0.2. La Imagen Fotográfica. Antecedentes. Nacimiento y Evolución de la Fotografía

Los avances técnicos que acabarían desembocando en el nacimiento de la Fotografía pueden dividirse en 2 grandes grupos:

- los de tipo óptico, que hacen referencia a la captación de la imagen
- los de tipo físico – químico, que hacen referencia a la retención de la misma

Veámoslos de modo sucinto

0.2.1. Prehistoria Óptica de la Fotografía

Leonardo Da Vinci (1.452-1.519) definió de este modo en 1.515 el principio de la cámara oscura:

"Cuando las imágenes de los objetos iluminados penetran por un pequeño agujero en una habitación muy oscura, registrad esas imágenes sobre un papel blanco situado a cierta distancia del agujero; veréis cómo se dibujan en el papel todos los objetos con sus propias formas y colores. Habrán disminuido de tamaño y se presentarán en posición invertida, a causa de la intersección de los rayos de luz. Si las imágenes proceden de un lugar iluminado por el sol, os parecerán como pintadas sobre el papel, el cual deberá ser delgado y mirado por detrás. El agujero será practicado en una placa de hierro también muy delgada."

Ver Figura 0.2. en el Cd-rom: "Explicación gráfica del fenómeno de la cámara oscura"

El agujero ó *estenopo* daría nombre al invento: cámara oscura ó *estenope*. Leonardo fue quien primero comparó la forma de operar de la cámara oscura con el ojo humano, e incluso sugirió la posibilidad de colocar una lente en el frontal de la cámara, de modo que la imagen ganara en luminosidad y nitidez.

Sin embargo, el principio de la cámara oscura era conocido desde tiempo inmemorial, mucho antes de Leonardo. Ya en el siglo IV antes de Cristo, Aristóteles describe cómo durante un eclipse parcial el sol proyectó en el suelo una imagen en forma de media luna tras atravesar sus rayos un agujero practicado en las hojas de un plátano. Aristóteles observó, asimismo, que la nitidez de la imagen solar aumentaba al reducirse el tamaño del agujero.

El empleo de este truco a lo largo de los siglos para la observación sin riesgos de eclipses solares está ampliamente documentado. El erudito y científico árabe Ibn Al-Haitham (965-1.038), conocido en Occidente con el nombre de Alhacén, describe el fenómeno en sus escritos sobre Óptica.

Ya en la Edad Media, Roger Bacon (1.214 – 1.294) fue acusado por un tribunal eclesiástico de evocar a los muertos en 1.267, precisamente por hacer uso de sus conocimientos sobre el fenómeno de la cámara oscura. También el astrónomo francés Saint-Cloud, en su *Almanaque* (1.290) explica el fenómeno, indicando que la imagen será circular lo sea ó no el orificio de entrada.

En 1.545 encontramos una ilustración de la cámara oscura en la obra del físico holandés Reiner Gemma Frisius. El libro describe la observación por medio de un estenope de un eclipse de sol ocurrido el 24 de Enero de 1.544.

Ver Figura 0.3. en el Cd-rom: "Imagen formada durante un eclipse por una cámara oscura"

En 1.550, Girolamo Cardano (1.501 – 1.576) colocó una lente biconvexa delante del orificio de la cámara. Y en 1.568, Danielle Barbaro añadió al invento un dispositivo que, modificando el tamaño del agujero, permitía aumentar ó reducir la cantidad de luz que llegaba al interior de la cámara.

Todo esto contribuiría a controlar la intensidad y nitidez de la imagen estenopeica. Poco antes, en 1.558, **Giovanni Della Porta** (1.540 – 1.615) había descrito de esta forma la cámara oscura en su tratado *Magiae Naturalis* :

"Si no sabéis pintar, podéis utilizar esta cámara para dibujar el contorno de las imágenes con un lápiz. A partir de ahí, sólo tenéis que aplicar los colores. Esto se consigue proyectando la imagen sobre una mesa de dibujo con un papel. Y para una persona habilidosa, el procedimiento resulta muy sencillo."

En estas líneas, el precoz Della Porta sentaba las bases para el empleo de la cámara oscura como herramienta auxiliar de dibujo. Pintores como **Jan Vermeer** (¿? – 1.675) ó **Antonio Canale, Il Canaletto** (1.697 – 1.768) –entre otros muchos– se aprovecharon de la idea de Della Porta para esbozar sus cuadros. El mismo **Johannes Kepler** (1.571 – 1.630) se ayudó de ella para realizar sus dibujos topográficos.

En 1.573, **Egnatio Danti** sugirió la adición de un espejo cóncavo para enderezar la imagen [invertida] obtenida por la cámara. Este camino sería seguido casi tres siglos más tarde por **Thomas Wolcott**, quien en 1.843 diseñó una cámara con un espejo cóncavo en la parte interior del respaldo. Este espejo permitía corregir la inversión lateral de la imagen, que era enviada sobre la emulsión sensible, situada a medio camino entre la pupila de entrada y el espejo.

Ver Figura 0.4. en el Cd-rom: "Cámara de Wolcott"

Los primeros años del siglo XVII trajeron consigo las primeras cámaras portátiles, que podían ser trasladadas por el pintor hasta el lugar elegido para pintar. En la Biblioteca Nacional de París se conserva un grabado de 1.646 que muestra la cámara oscura diseñada por el jesuita **Athanasius Kircher** (1.602 – 1.680). Consta de un cubo de metal ligero con una lente en cada lado. Dentro hay otro cubo de papel transparente para que el artista dibuje los motivos proyectados a través de cada lente. Se trata de un ejemplo de cámara transportable, aunque compleja.

Ver Figura 0.5. en el Cd-rom: "Cámara oscura de Kircher"

En poco tiempo, las dimensiones de los estenopes se vieron reducidas. Las cámaras oscuras portátiles se extendieron rápidamente por toda Europa. El abate **Domingo Nollet** (1.640 – 1.736) presentó en 1.733 una cámara de forma piramidal cuyo éxito la mantuvo en el mercado hasta bien entrado el siglo XIX.

Ver Figura 0.6. en el Cd-rom: "Cámara oscura como auxiliar de dibujo"

0.2.2. Prehistoria Química de la Fotografía

La fotosensibilidad de ciertas sustancias es bien conocida desde la antigüedad. Igual que la piel humana, que se enrojece u oscurece por la acción de la luz solar, existen muchos otros materiales (como por ejemplo, el papel) que reaccionan de igual modo a la luz.

Desde la Edad Media, algunos alquimistas –como el célebre **Alberto Magno** (1.193 – 1.280)– conocían las propiedades fotosensibles de la *luna cornata* (cloruro de plata), que se oscurece al exponerse a la luz. Este conocimiento fue aprovechado en aquel tiempo para teñir marfil, madera, plumas, pieles y hasta el pelo humano.

Pero, aparentemente, nadie volvió a interesarse por dicho fenómeno hasta el siglo XVIII. En 1.727, el alemán **Johann Heinrich Schulze** descubría casualmente el oscurecimiento de un compuesto formado por yeso y ácido nítrico, éste último con trazas de plata (esto es, nitrato de plata). Schulze investigó el efecto, deduciendo que era la plata quien desencadenaba el proceso.

Al mismo tiempo, otras sustancias fotosensibles eran objeto de interés por parte de numerosos científicos. Así, el ginebrino **Jean Senebier** (1.742 – 1.809) se aplicó al estudio del endurecimiento e insolubilidad experimentados en ciertas resinas, gomas y barnices. Otros descubrieron e investigaron las mismas propiedades en los bicromatos, así como en compuestos de otros metales, tales como oxalatos y citratos de hierro, mercurio, platino, paladio,

etcétera. Se abría paso así a nuevas vías de obtención de imágenes: la *cianotipia*, *platinotipia*, los *procesos pigmentarios*… Se trata de técnicas paralelas pero distintas a la que ha prevalecido mayoritariamente en la práctica fotográfica actual.

Al tiempo que Senebier iniciaba sus estudios, el francés **J. A. C. Charles** (1.746 – 1.823) lograba reproducir el contorno de algunos objetos mediante el empleo de papel impregnado con sales de plata. Algo parecido consiguieron en Gran Bretaña en los últimos años del siglo XVIII **Thomas Wedgwood** (1.771 – 1.805) **y Humphrey Davy** (1.778 – 1.829), quienes empleaban cuero, papel e incluso vidrio sensibilizado con haluros de plata para copiar cuadros en el interior de una cámara oscura. Estos investigadores también lograron obtener por contacto imágenes de objetos planos tales como hojas de plantas. En todo caso, ninguno de ellos fue capaz de desarrollar un procedimiento que permitiera fijar las imágenes obtenidas, lo que hacía de ellas poco más que un pasatiempo efímero.

Ver Animación 0.7. en el Cd-rom: "Dispersión de la luz blanca en un prisma: UV, luz visible e IR."

El siglo acaba con los estudios de **Wilhelm Ritter** (1.776 – 1.810), quien en 1.801 descubre por azar las radiaciones ultravioletas (UV), al comprobar que el nitrato de plata se oscurece de modo más rápido en la zona aparentemente incolora situada más allá de donde forma el violeta un prisma de vidrio atravesado por la luz blanca. Un año antes, **Sir William Herschel** (1.738 – 1.822) había empleado un experimento similar para descubrir las radiaciones infrarrojas (IR). Curiosamente, sería el hijo de este científico inglés, **Sir John Herschel** (1.792 – 1.871), quien años más tarde abriría el camino definitivo a la era de la Fotografía, al proponer el empleo de tiosulfato sódico como fijador. No en vano, fue él mismo quien acuñó el término *fotografía* para denominar el proceso de obtención de imágenes por medio de una cámara oscura.

0.3. Los Distintos Procesos Fotográficos a lo largo de la Historia

0.3.1. Daguerre y la invención de la Fotografía

Louis–Jacques Mandé Daguerre era un pintor y reputado empresario parisino, inventor del *Diorama* (1822), espectáculo que creaba efectos visuales nunca antes vistos mediante un complicado sistema de iluminación de pinturas superpuestas en grandes lienzos. Según el color y dirección de la iluminación empleada –transmitida ó reflejada– los decorados parecían variar como si se tratara de paisajes reales. El enorme éxito del Diorama permitió a Daguerre, tras conocer a Nicéphore Niepce (1.765 – 1.833), cultivar y desarrollar un sistema de captación de imágenes de la realidad. Daguerre consiguió convencer a Niepce –quien había logrado fijar imágenes con betún de judea sobre una placa metálica en el interior de su cámara oscura– para unir sus intereses y tratar de encontrar un método plausible de obtener *vistas* de la realidad. A la muerte de Niepce, Daguerre continuó con el proyecto en solitario. Hacia 1.837 ya lo había perfeccionado a tal punto que trató de obtener el apoyo de las autoridades francesas para lo que prometía ser un invento increíble. Gracias a sus innatas dotes de negociante, logró del gobierno francés un trato de favor para su invención, que fue promocionada frente a otras iniciativas como la de Hippolyte Bayard (1.801 – 1.887), también francés y creador de un sistema para obtener imágenes positivas directamente sobre papel. El invento de Bayard fue condenado al ostracismo para evitar que pudiera hacer sombra la proyección mundial de la *daguerrotipia*, que en enero de 1.839 era dada a conocer al mundo. El gobierno francés liberaba de patentes el invento (salvo en Inglaterra, enemigo irreconciliable) y Daguerre, a cambio, recibía de su país una pensión vitalicia.

Básicamente, el procedimiento propuesto por Daguerre consistía en la captación de imágenes en una cámara oscura por medio de una placa de cobre recubierta de plata pulida sensibilizada con ácido nítrico y vapores de yodo. Tras la exposición, la placa era revelada con vapores de mercurio y, tras un aclarado en agua destilada, finalmente fijada con cloruro sódico. El resultado era una imagen formada por minúsculas partículas de plata y mercurio sobre un soporte plateado, similar a un espejo. Esta imagen, muy frágil, era introducida en un estuche lacado o un passepartout con un vidrio para su protección de cualquier agente de deterioro externo.

Ver Figura 0.8. en el Cd-rom: "Ejemplo de daguerrotipo estuchado"

En un primer momento y dependiendo de la cantidad de luz presente durante la toma, los tiempos de exposición podían variar entre los 3 y los 45 minutos.

Al poco de ser dado a conocer el procedimiento, Hippolyte Fizeau (1.819 – 1.896) logra aumentar el contraste y la estabilidad de la imagen mediante el empleo, tras el fijado, de una solución caliente de cloruro de oro y tiosulfato sódico. Este baño final crea un fino depósito de oro sobre toda la superficie de la placa. La resistencia a la abrasión crece de tal modo que se hace posible la aplicación con un pincel de pigmentos coloreados sin riesgo de deterioro de la imagen. Surgen así las primeras imágenes fotográficas "en color".

Pocas mejoras se añadieron desde entonces a un procedimiento que ya en el momento de su aparición se hallaba en un alto nivel de desarrollo. Este factor provocó su enorme e inmediato éxito, pero también su rápido agotamiento, ya que no era factible la evolución hacia sistemas más refinados de daguerrotipia.

0.3.2. Fox Talbot

El primer procedimiento fotográfico negativo–positivo fue desarrollado por William Henry Fox Talbot hacia 1835. Fox Talbot comenzó realizando lo que él llamaba *shadowgraphs* ["sombragrafías"] y, más tarde, *photogenic drawings* ["dibujos fotogénicos"]. Estos eran imágenes de objetos reales obtenidas por contacto sobre un papel de dibujo preparado con una solución de cloruro sódico y nitrato de plata. Tras la exposición a la luz en una prensa de vidrio, la imagen obtenida era fijada en una solución concentrada de cloruro sódico (de ahí su otro nombre: *papeles salados*). Posteriormente,

hacia 1840, Talbot perfeccionaría el proceso mediante la sustitución de este último baño por otro de tiosulfato sódico, lo que supuso un aumento considerable en la estabilidad de las imágenes.

Talbot mantenía en secreto su investigación cuando conoció el ambiguo anuncio de Daguerre, el 7 de Enero de 1.839. Éste le sorprendió de tal modo que rápidamente trató de dar a conocer sus experimentos, por si se tratara de un mismo método de obtención de imágenes. Así, el 25 del mismo mes expuso por vez primera sus dibujos fotogénicos en la Royal Institution de Londres, así como algunas imágenes de similar naturaleza pero obtenidas en el interior de una cámara oscura. Seis días después, Talbot leía ante la Royal Society un texto que explicaba a grandes rasgos el procedimiento usado, pero sin mencionar la forma en que fijaba la imagen. Finalmente, el 21 de Febrero, de nuevo ante la Royal Society, Talbot explicaba con mayor detenimiento su proceso. En 1.841, y tras avanzar en el desarrollo de su invento, Fox Talbot lo patentaba con el nombre de *calotipia*.

El proceso de Fox Talbot no tuvo en un principio la aceptación del daguerrotipo, que ofrecía imágenes de mayor detalle. Sin embargo, con el tiempo, las mejoras introducidas en la nitidez y sensibilidad de la calotipia, así como la posibilidad de realizar múltiples copias semejantes a partir de un único negativo calotípico, motivaron su universalización y el arrinconamiento del procedimiento de Daguerre.

0.3.3. De las placas húmedas a la fotografía digital

A mediados del siglo XIX, Frederick Scott Archer (1.813 – 1.857) propone el empleo en las cámaras de placas de vidrio emulsionadas al colodión, material éste que aumenta la sensibilidad de la plata. Estas *placas húmedas* (llamadas así por que era preciso exponerlas antes de que se secaran y perdieran su sensibilidad) dejarían paso en los '70 a las *placas secas*, que sustituían el colodión por gelatina. Estas placas mantenían su sensibilidad durante más tiempo, lo que permitía su exposición en seco. Las copias continuaban haciéndose de modo similar al propuesto por Talbot, esto es, por contacto del negativo con un papel sensibilizado a la plata, si bien ya no se trataba de *papeles salados* sino de *papeles a la albúmina* (esto es, emulsionados con clara de huevo batida, que mejoraba la nitidez y estabilidad de la imagen).

Hacia 1.885, George Eastman (1.854 – 1.932), creador del imperio Kodak, introduce la película en rollo, primero sobre soporte de papel y posteriormente de material plástico (nitrato de celulosa), posibilitando la toma de un mayor número de imágenes en menos tiempo y facilitando de este modo el acceso de un público menos cualificado a la toma de fotografías.

Hace ya mucho tiempo que el nitrato de celulosa (altamente inflamable) dejó paso a materiales más estables (acetatos de celulosa y poliéster), pero podemos afirmar que las películas fotográficas actualmente en el mercado no difieren en lo básico del material desarrollado por Kodak a finales del XIX. Siguen siendo emulsiones de haluros de plata y gelatina con un soporte plástico. Es cierto que su sensibilidad y calidad de reproducción ha aumentado enormemente, y que hoy en día (en realidad, desde hace casi un siglo) es posible incluso obtener imágenes en colores más o menos reales, pero estas diferencias no son nada en comparación con lo que se nos avecina (en cierto modo, ya está aquí): la fotografía digital.

0.4. La Fotografía, Hoy: Fotografía Analógica Vs Fotografía Digital. Procesos Fotográficos Híbridos

Hoy en día conviven dos formas de práctica fotográfica completamente diferentes en cuanto al modo en que captan y procesan sus imágenes. Junto a la fotografía tradicional o *analógica*, basada en haluros de plata, surgió en la década de los '80 del pasado siglo un nuevo sistema de captación, que empleaba un dispositivo fotosensible electrónico llamado *CCD* (*charge coupled device* o "dispositivo acoplado de carga"). Este dispositivo se halla en el interior de la cámara y consiste en una matriz formada por un número variable de diminutas células capaces de captar la luz y transformarla en energía eléctrica. Dicha energía es almacenada en la memoria interna de la cámara o bien en algún dispositivo externo, para su posterior manipulación e impresión por medios informáticos o de las artes gráficas convencionales.

Ver Animación 0.9. en el Cd-rom: "Proceso de captación de una imagen digital (CCD)"

En la actualidad, existen nuevos tipos de sensores electrónicos: son los *CMOS*, pero su función es la misma que la de los CCDs, que continúan usándose. Los sistemas de almacenamiento también han aumentado en número y capacidad, abarcando en la actualidad desde el simple diskette informático tradicional de 3,5" hasta tarjetas de memoria especialmente diseñadas para almacenar imágenes, como las *Smartmedia*, *Compactflash*, etcétera.

La fotografía digital, pues, mantiene la misma estructura óptica de captación de las imágenes, sustituyendo la parte físico – química del proceso. La película, encargada de la captación física y el almacenamiento de la imagen ha sido sustituida por dos dispositivos diferentes: el captador electrónico de la imagen (básicamente, CCD o CMOS) y el dispositivo de almacenamiento de

la imagen (memoria interna de la cámara, tarjeta portátil de memoria, disco duro, etcétera).

Las ventajas de la fotografía digital respecto a la convencional son su inmediatez, facilidad de manipulación y difusión, así como el ahorro en el procesado, que es prácticamente inexistente (si exceptuamos los trabajos que, por su importancia, requieran de cierto "retoque digital" con ayuda de algún programa informático). Por el contrario, los equipos de fotografía digital son actualmente mucho más caros que sus equivalentes en calidad en el campo de la fotografía analógica. Pese a todo, la calidad de las imágenes digitales avanza día a día con el imparable desarrollo tecnológico, al tiempo que los precios van poco a poco reduciéndose.

No es arriesgado predecir que en pocos años la fotografía digital sustituirá a la convencional en muchos de los campos que hasta ahora eran exclusivos de ésta. En cierto modo, ya lo ha hecho en disciplinas tan exigentes como la fotografía en prensa diaria, que valora enormemente la capacidad de transmisión casi inmediata de las imágenes digitales por vía telefónica.

Ver Figura 0.10. en el Cd-rom: "Proceso de captación digital de fotografías"

Una solución intermedia que se abre paso con fuerza es aquella conocida como *fotografía híbrida*, que consiste en el empleo combinado de las tecnologías tradicional y digital. Un fotógrafo profesional con un amplio archivo de imágenes convencionales (diapositivas, por ejemplo) puede *digitalizarlas* por medio de un escáner para manipularlas y difundirlas del mismo modo que haría con una imagen captada digitalmente. Asimismo, una imagen ya digitalizada puede ser *filmada* en película convencional de blanco y negro o color, para su copiado en papel fotográfico tradicional (por ejemplo, para montar una exposición de autor). Las posibilidades son, pues, enormes, ya que las tecnologías no son excluyentes.

Ver Figura 0.11. en el Cd-rom: "Proceso de difusión *híbrida* de fotografías"

Bibliografía Específica sobre el Tema 0:

WWW:

http://foto.difo.alcala.es/links.htm
[Interesante página en español que incluye un gran número de conexiones con todo tipo de sitios en Internet relacionados de un modo u otro con el mundo de la Fotografía]

http://teleline.terra.es/personal/chullora/estenope.htm
[Página en español dedicada exclusivamente a la llamada *fotografía estenopeica*, es decir, aquélla que se realiza empleando cámaras oscuras sin objetivo]

http://www.lib.utexas.edu/Libs/HRC/HRHRC/index.html
[Página principal del *Harry Ransom Research Center of Photography*, de la Universidad de Texas en Austin (EE.UU.). Esta institución posee una de las más completas colecciones fotográficas del planeta, con ejemplos de los más grandes fotógrafos de la Historia. Entre la variada información que ofrece, es posible observar en ella la imagen fotográfica más antigua que se conserva, original de Nicéphore Niepce y datada hacia 1.820]

http://www.daguerre.org
[Página oficial de la *Daguerreian Society*, organización con sede en Pittsburg (EE.UU.) que agrupa a coleccionistas, estudiosos y aficionados a la Daguerrotipia]

http://www.loc.gov/exhibits/empire/
[Página que muestra la obra de uno de los pioneros de la Fotografía en color, el ruso Prokudin – Gorskii, que documentó fotográficamente la rusia zarista de principios del siglo XX]

http://www.eastman.org/
[Página principal de la *George Eastman House* de Rochester (EE.UU.), casa–museo del fundador de Kodak, que cuenta con una vasta colección de imágenes y artefactos fotográficos, así como con un completo programa de

formación en el campo de la historia y conservación de materiales fotográficos]

LIBROS:

BARTES, Roland: *La Cámara Lúcida*. Barcelona, Paidós, 1992.

BURNIE, David: *Luz*. Madrid, Santillana, 1993.

CRAWFORD, William:
The Keepers of Light. Nueva York, Morgan & Morgan, 1979.

EASTMAN KODAK COMPANY:
From Glass Plates to Digital Images. Rochester, 1994

FRIZOT, Michel (editor):
A New History of Photography. Colonia, Könemann, 1998.

KURTZ, Gerardo: *La Fotografía: Recurso Didáctico para la Historia*. Andorra, Consejería de Educación de la Embajada Española, 1992.

[con ORTEGA, Isabel]:
150 Años de Fotografía en la Biblioteca Nacional. Madrid, El Viso, 1989

LOVELL, Ronald P. ; ZWALLEN, Fred C.; y FOLTS, James A.:
Manual Completo de Fotografía. Madrid, Celeste, 1.998.

MONTSERRAT, Lola; ROCHE, Carles; y UBEDA, Manuel:
La Fotografía Digital. Barcelona, RBA, 2.001.

NADEAU, Luis : *Encyclopedia of Printing, Photographic, and Photomechanical Processes*.
Fredericton (Canadá), 1989.

REILLY, James M.: *Care and Identification of 19th-Century Photographic Prints*. Publicación G2-S, Rochester, Eastman Kodak, 1986

RENNER, Eric: *Pinhole Photography*. Newton, Focal Press, 1995.

RIEGO, Bernardo *et al*:
Manual para el Uso de Archivos Fotográficos. Santander, Aula de Fotografía, Universidad de Cantabria, 1997

SOUGEZ, Marie-Loup:
Historia de la Fotografía. Madrid, Cátedra, 1994 (5ª ed.)

SONTAG, Susan.: *Sobre la Fotografía*. Buenos Aires, Sudamericana, 1980.

WIESENTAL, Mauricio:
Historia de la Fotografía. Barcelona, Salvat, 1979.

ZELICH, Cristina: *Manual de Técnicas Fotográficas del Siglo XIX*. Sevilla, Photovision, 1995.

ARTÍCULOS:

FISHER, Monique C. y ROBB, Andrew:
Guidelines for Care & Identification of Film-Base Photographic Materials. Universidad de Delaware / Winterthur Museum, 1993.

GILL, Arthur T.: *Photographic Processes, a Glossary and a Chart for Recognition*. Museums Association Information Sheet, número 21, 1978.

I. La Luz

1.1. Espectro Electromagnético y Espectro Visible

A lo largo de los siglos, se ha escrito mucho acerca de la naturaleza de la luz. En 1.666, Isaac Newton, por ejemplo, mantenía que la luz se compone de ciertas partículas emitidas por los cuerpos. Hacia 1865, Maxwell propuso una nueva explicación a dicho fenómeno. Según Maxwell, la luz sería una forma de energía electromagnética que, como tal, se transmite en forma de ondas cuyas propiedades son idénticas a las del resto de energías.

A partir de las teorías de Maxwell, se elabora una clasificación de las diferentes radiaciones electromagnéticas conocidas, según el tamaño o longitud de sus ondas. Al conjunto de radiaciones energéticas ordenadas de este modo se le denomina *espectro electromagnético*.

Ver Figura 1.1. en el Cd-rom: "Espectro Electromagnético"

De todas estas radiaciones, nuestros ojos sólo son capaces de percibir como luz aquéllas cuya longitud de onda es de entre 400 y 700 nanómetros aproximadamente [1nm = 0'000001mm]. Cada una de estas longitudes de onda de la luz visible correspondería a un matiz de color diferente, y la suma de todas ellas correspondería a su vez a la luz blanca.

Ver Figura 1.2. en el Cd-rom: "Espectro Visible"

El llamado *espectro visible* corresponde a aquella pequeña porción del espectro electromagnético que puede ser percibida visualmente por el ser humano.

1.2. Teoría del Color

No está muy clara la forma en que percibimos estas radiaciones luminosas. La explicación más verosímil es la propuesta por Young y Helmholtz en 1.801, antes incluso de que Maxwell argumentara la naturaleza electromagnética de la luz. Estos físicos explicaron la percepción de los colores a partir de la existencia en el ojo humano de ciertas células fotosensibles, llamadas *conos*. Dichas células serían de tres tipos diferentes, unas sensibles al Azul, otras al Verde y otras al Rojo. Los estímulos por ellas recibidos son transmitidos por medio del nervio óptico hasta el cerebro, y es éste último quien los traduce en colores.

Si los tres tipos de conos son estimulados en la misma medida, la sensación que se produce es acromática, es decir, blanco, gris o negro, dependiendo del nivel de excitación alcanzado.

La Teoría de Young / Helmholtz explica, pues, la percepción de todos los colores de la naturaleza a partir de tres colores llamados primarios (Azul, Verde y Rojo), aquéllos a los que nuestros ojos son sensibles. El resto de colores se formará por combinación de los tres primarios.

Ver Animación 1.3. en el Cd-rom: "Percepción por el ojo humano del color amarillo de una margarita. La margarita refleja rayos rojos y verdes, que son captados por el ojo (imagen invertida) y transmitidos al cerebro donde se forma la imagen (no invertida)"

Volveremos a esto más adelante, cuando hablemos de Síntesis Aditiva y Sustractiva. De momento, y para concluir con este apartado conviene aclarar que, si bien tradicionalmente aceptadas, ni la teoría de Maxwell ni la de Young y Helmholtz permiten explicar de modo definitivo ciertos hechos observados en la realidad cotidiana. Es por ello que en el último siglo han surgido diversas teorías que, principalmente desde el campo de la Psicología,

han tratado de resolver dichas contradicciones mediante la asignación de un mayor protagonismo al cerebro en el proceso de percepción de los colores.

1.3. Propiedades de la Luz.

Las propiedades fundamentales de la luz son: reflexión, transmisión, absorción, dispersión y refracción. De esta última se hablará más adelante, hablemos ahora de las cuatro primeras.

1.3.1.Reflexión

Podemos decir que la reflexión es aquella propiedad de la luz por la cual los rayos lumínicos pueden verse rebotados al chocar con la materia.

Ver Animación 1.4. en el Cd-rom: "Ejemplo de luz blanca (espectro continuo) que llega a una pared verde, y explicación gráfica de cómo sólo la luz verde es reflejada por la pared"

Ejemplo:

Cuando la luz blanca llega a una pared pintada de verde, los rayos lumínicos cuya longitud de onda corresponde al verde son reflejados. Esa y no otra es la razón de que la pared se nos aparezca de color verde. Pero, ¿qué ocurre con el resto de longitudes de onda de la luz blanca? Simplemente, son absorbidas por la tallo.

La materia puede reflejar la luz de 2 modos distintos: hablamos de *reflexión especular* cuando cada rayo de luz es reflejado de forma única y en un mismo ángulo, lo que provoca la formación de una imagen de cualquier objeto situado enfrente. Este tipo de reflexión es propia de las superficies lisas y más o menos pulidas, tales como un espejo o incluso el agua, si se halla en estado completamente estático.

Ver Figuras 1.5.1. y 1.5.2. en el Cd-rom: "Ejemplo de reflexión especular y reflexión difusa"

Si los rayos de luz son desviados en distintas direcciones y de modo aleatorio, estaremos ante un caso de *reflexión difusa*. La reflexión difusa se da de modo más generalizado que la reflexión especular. Nuestra percepción de colores y formas de la naturaleza se debe por lo general a la reflexión difusa de la luz por los distintos objetos que nos rodean.

1.3.2.Transmisión

La luz se transmite en el vacío a una velocidad de 300.000km por segundo. También puede transmitirse a través de ciertos medios como el aire, el agua o el vidrio. Si el medio en cuestión permite sólo la transmisión de ciertas longitudes de onda, estamos ante la llamada *transmisión selectiva*. Los filtros para Fotografía pertenecen a la categoría de transmisores selectivos, puesto que sólo puede atravesarlos una parte de las longitudes de onda que a ellos llegan.

Ver Figura 1.6. en el Cd-rom: "Ejemplo de luz blanca (espectro continuo) que llega a un filtro azul, y explicación gráfica de cómo sólo la luz azul lo atraviesa"

Aquí vemos un filtro azul teóricamente perfecto. Dicho filtro permitiría únicamente el paso a las longitudes de onda del azul, absorbiendo el resto.

En la práctica, las cosas no ocurren exactamente así. Ningún filtro es capaz de transmitir todos los rayos de una determinada longitud de onda que a él llegan: una parte de ellos es rebotada, reflejada, de modo que si nosotros miramos un filtro coloreado, lo vemos del mismo color por ambas caras.

Ver Figura 1.7. en el Cd-rom: "Corrección de la figura 6 de modo que se adecúe a la forma en que se comporta un filtro azul en la realidad, esto es, reflejando parcialmente la luz azul que a él llega"

1.3.3.Absorción

Esta propiedad va casi siempre unida a la anterior. En realidad, absorción y reflexión son anverso y reverso de un mismo fenómeno. Cuando la luz llega a la materia, puede ser reflejada o absorbida. Decimos que un objeto es negro cuando absorbe toda la luz que a él llega. Pero, ¿qué ocurre con la luz absorbida por un objeto? Como sabemos, la luz es energía. Y como tal, no se crea ni se destruye, sino que se transforma en otro tipo de energía. En este caso, la luz absorbida por la materia suele transformarse en calor, razón por la cual se emplean colores claros o blanco en aquellas viviendas y prendas de vestir que se pretende sean frescas.

1.3.4.Dispersión

La dispersión es aquella propiedad de la luz según la cual ésta puede descomponerse al atravesar ciertos medios, como por ejemplo, un cielo cargado de humedad. Las moléculas de agua presentes en la atmósfera pueden actuar como minúsculos prismas, provocando la descomposición de la luz solar en rayos de diferentes colores.

Ver Figura 1.8. en el Cd-rom: "Dispersión de la luz blanca en el prisma de Newton"

Lo que conocemos como arco iris no es más que el producto de la dispersión de la luz blanca al atravesar una atmósfera cargada de vapor de agua.

Es importante señalar que la dispersión no es igual para cada longitud de onda, afectando de modo más acusado cuanto menor es ésta. Por ello, cuando se realizan tomas lejanas empleando película fotográfica sensible al infrarrojo (IR), es posible apreciar nítidamente detalles del paisaje lejano. Al emplear longitudes de onda mayores –como las IR– , la dispersión en la atmósfera se reduce al mínimo, favoreciéndose la reproducción de los objetos lejanos. Esta es la razón de emplear película IR en fotografía aérea y de satélites.

1.4. Temperatura de Color

El concepto de temperatura de color suele resultar complicado para el estudiante, que a menudo afronta su estudio con aprensión. Sin embargo, todo se reduce a comprender que "la temperatura de color de una luz equivale a la temperatura en grados Kelvin a la que habría que calentar un cuerpo negro metálico perfecto (teórico) para que éste emitiera luz de ese mismo color".

Dicho de otro modo, si somos capaces de imaginar un cuerpo metálico negro al que se le proporciona calor, y si somos capaces de ir anotando los diferentes colores que dicho cuerpo adoptará sucesivamente a medida que su temperatura vaya aumentando, obtendremos una escala que relaciona color y temperatura. Pues bien, dicha escala se conoce como escala de Temperatura de Color y sirve para definir de un modo objetivo el color de la luz emitida por fuentes de espectro continuo (es decir, aquéllas que emiten todas las radiaciones visibles).

Razones:

Decimos que esta escala es objetiva, porque cada valor de temperatura de color sólo puede identificarse con un matiz de color preciso y único, aquél que correspondería al citado objeto metálico calentado a dicha temperatura. El recurso a esta escala evita, pues, el empleo de términos más vagos a la hora de describir el color de la luz, términos tales como "cálido", "frío", "amarillento", etcétera.

Es importante insistir en que para medir la temperatura del objeto se emplea la escala de Kelvin (°K) y no la más común de Celsius (°C), por lo que al hablar de la temperatura de color de una luz nos referimos al valor en °K al que habría que calentar un cuerpo negro metálico para que éste emitiera una luz del mismo tono.

Ver Figura 1.9. en el Cd-rom: "Esquema de la temperatura de color con ejemplos de emisión de diferentes fuentes de luz continua"

Como vemos, los valores de la escala se mueven entre el rojo (baja temperatura de color) y el azul (elevada temperatura de color), correspondiendo al blanco un punto más o menos intermedio. Todo esto coincidiría con la experiencia observable según la cual, al calentarse, el metal pasa sucesivamente del rojo al naranja, amarillo, blanco y finalmente, al azul.

Ejemplo:

> Si decimos que una bombilla de 25 vatios emite una luz anaranjada de 2.450ºK, estamos diciendo que ésa es la temperatura a la que habría que calentar un cuerpo negro metálico para que éste comenzara a emitir luz del mismo tono anaranjado.

Es importante conocer, al menos de modo aproximado, la temperatura de color de la luz que vamos a emplear cuando realizamos fotografías en color. La razón es muy sencilla: si la luz presenta un tono dominante (como en el caso de fotografiar con la luz de una bombilla de 25 vatios), nuestras fotos mostrarán dicho tono, con lo que el resultado será decepcionante (a menos, claro, que nuestra intención sea precisamente reflejar dicho tono ambiental).

Ver Figuras 1.10.1. y 1.10.2. en el Cd-rom: "Imágenes tomadas con iluminación de tungsteno y película luz día, una con filtro corrector y otra sin él"

Detengámonos en este punto. Las dos imágenes que aparecen sobre estas líneas han sido tomadas empleando la misma iluminación. Sin embargo, una de ellas presenta un aspecto extrañamente anaranjado. Todos los objetos presentes en dicha imagen aparecen con una tonalidad dominante cálida, que es percibida por nosotros como falsa, irreal...y sin embargo, es real. Si una habitación está iluminada con una luz anaranjada, los distintos objetos que la ocupan tenderán a reflejar en mayor medida dichas longitudes de onda. O, dicho de otro modo, si la luz ambiente no es blanca, ningún objeto podrá aparecer como blanco, aunque refleje toda la luz que a él llegue. Si esto es así, ¿por qué entonces no somos capaces de percibir esta dominante anaranjada en el momento de tomar la foto? La razón no está muy clara, pero parece demostrado que nuestra visión es capaz de adaptarse a diferentes iluminaciones, aceptándolas como blancas, aunque no lo sean[1].

Sugerencias:

Por otro lado, la película fotográfica se fabrica de modo que reproduzca los colores tal y como se manifiestan cuando la luz predominante es blanca (es decir, de unos 5.500ºK). Así, si la temperatura de color de las fuentes empleadas es menor, el resultado será una dominante amarilla–anaranjada en la imagen. Si, por el contrario, la temperatura de color es más elevada de esos 5.500ºK, la imagen aparecerá con una tonalidad más o menos azulada. Existen unas pocas películas profesionales calibradas para trabajar con luz amarilla (de unos 3200ºK). Estas emulsiones leen el amarillo de dicha temperatura de color como si fuera blanco, por lo que reproducen los colores correctamente cuando la iluminación es de dicho color. A estas emulsiones se las conoce por el nombre genérico de "películas de tungsteno" y en su denominación los distintos fabricantes suelen incluir una "T" (a diferencia de las películas normales, conocidas como "películas para luz día y flash", que suelen incluir la palabra "Daylight" ["luz del día"]).

Si queremos reproducir los colores tal y como son en realidad (o al menos, de la forma más parecida posible) es preciso hacer coincidir el color de la luz de la escena con el color al que está calibrada la película que estamos empleando. Sólo así nuestra película reproducirá el motivo sin desviaciones cromáticas.

Sugerencias:

Para ello, el mercado ofrece varios recursos, dependiendo de la precisión que la ocasión exija. En primer lugar, existen distintos filtros llamados *correctores* y *compensadores*, que permiten ajustar en mayor o menor medida cualquier desviación entre la temperatura de color para la que está calibrada nuestra película y la de la luz. Estos filtros son más o menos azules o ámbar, dependiendo de si lo que se busca con ellos es, respectivamente, aumentar o reducir la temperatura de color de la luz en relación con la película.

Cuando necesitemos ajustar con la máxima precisión la reproducción cromática, podemos emplear un *termocolorímetro*, herramienta que nos da una medición exacta de la temperatura de color de la luz que incide sobre un punto. Se trata de aparatos de alta precisión que nos indican con un mínimo margen de error el filtro corrector o compensador adecuado para cada ocasión. Su uso está especialmente indicado en disciplinas fotográficas tales como la reproducción de obras de arte, la fotografía de producto o la fotografía de moda.

Por último, conviene indicar que las cámaras digitales suelen disponer de una función (llamada *white balance* o "balance de blancos") que les permite adecuar la respuesta tonal del sensor de imagen a cualquier tipo de iluminación. Lo normal es que pueda escogerse entre dos o tres posibilidades de iluminación propuestas, generalmente luz día (5.500ºK), luz de tungsteno (3.200ºK) y luz de fluorescentes. Las cámaras digitales más completas disponen incluso de la posibilidad de ajustar manualmente y a voluntad la respuesta del captador de imagen a la temperatura de color exacta de las fuentes de luz empleadas.

Ver Figura 1.11. en el Cd-rom: "Ejemplo de control de la temperatura de color en una cámara digital"

1.5. Síntesis Aditiva y Síntesis Sustractiva

Como ya vimos, el ojo humano capta la luz por medio de receptores fotosensibles llamados *conos y bastones*. Los primeros distinguen el color y los segundos las formas. Los primeros son menos sensibles, por lo que cuando el nivel de luminosidad es bajo, percibimos imágenes casi monocromáticas.

En condiciones de iluminación normales, la visión humana tiene su pico de máxima sensibilidad para los 555nm, longitud de onda que corresponde al color verde–amarillo. Esto significa que nuestra vista ofrece su mejor respuesta cuando la luz es de dicho color.

Sin embargo, cuando el nivel de iluminación se reduce, el pico de máxima sensibilidad de nuestros ojos se desplaza hacia longitudes de onda ligeramente menores, hasta los 515nm, que corresponden al verde más o menos neutro. Esto explica, a su vez, que cuando la intensidad de la iluminación es muy baja, nuestra percepción visual sea mayor si la luz es de dicho tono verde neutro.

Ver Figura 1.12. en el Cd-rom: "Esquemas de la visión fotópica y escotópica"

Existen diversas formas obtener los distintos colores. Dos son las principales, las llamadas *síntesis aditiva y sustractiva*. La primera explica la forma en que podemos obtener colores a partir de luces, mientras que la segunda se aplica a la obtención de colores con pigmentos.

Efectivamente, la síntesis aditiva es aquella por la que se crean nuevos colores a partir de la suma de otros. Los colores primarios de la síntesis aditiva son el Azul (B), Verde (G) y Rojo (R). La suma de los 3 colores primarios aditivos da blanco (W).

Los colores secundarios ó complementarios de la síntesis aditiva son aquellos que se forman sumando dos colores primarios. Otra forma de explicarlo sería la siguiente: son aquéllos que sumados a un primario, dan blanco. Amarillo (Y), Magenta (M) y Cian (C) son, respectivamente, los complementarios de (B), (G) y (R).

La Síntesis Sustractiva parte de la luz blanca (W) y obtiene los distintos colores filtrando (es decir, *sustrayendo*, de ahí su nombre) la luz, por medio de filtros. Los colores primarios de la síntesis sustractiva son los secundarios de la síntesis aditiva: (Y), (M) y (C). La suma de los 3 colores primarios sustractivos da el negro (K).

Los colores secundarios ó complementarios de la síntesis sustractiva son aquellos que se forman sumando dos colores primarios, y corresponden a su vez a los anteriormente denominados *primarios aditivos*: (B), (G) y (R).

Ver Figuras 1.13.1. y 1.13.2. en el Cd-rom: "Esquemas de la Síntesis Aditiva y Sustractiva"

Ejercicios Prácticos Propuestos

Los siguientes ejercicios deben servir para favorecer la comprensión del modo en que percibimos la luz el color y cómo dicha percepción es distinta a la que realiza la cámara fotográfica. Ambas percepciones están condicionadas: la nuestra, como hemos visto en este capítulo, por nuestros sentidos y por nuestro cerebro.

Ejercicio A:

Tomar sucesivas imágenes en color de un mismo sujeto en exterior. Las imágenes deberán mostrar exactamente el mismo sujeto, pero en diferentes situaciones de iluminación: al amanecer, a media mañana, al mediodía, a media tarde y al anochecer. Repetir el ejercicio en distintas condiciones atmosféricas (cielo cubierto, cielo despejado). Comparar y analizar las imágenes. ¿Muestran la misma tonalidad dominante? ¿Por qué? ¿En qué elementos de la imagen puedes observarlo?

Ejercicio B:

Realizar la toma de distintas imágenes en color de un mismo sujeto en un interior iluminado sucesivamente por: luz natural procedente de una ventana; luz artificial procedente de bombillas domésticas; luz artificial procedente de una o varias velas u hoguera; luz de fluorescentes. Comparar y analizar las imágenes bajo las mismas condiciones de iluminación en que fueron tomadas. ¿Observas alguna diferencia entre las imágenes obtenidas y lo que tú percibes directamente en la misma situación? Razona la respuesta.

Bibliografía Específica sobre el Tema I:

LIBROS:

COOTE, Jack H.: *The Illustrated History of Colour Photography*. Surbiton, Fountain Press, 1993

EASTMAN KODAK COMPANY:
Photographic Filters Handbook. Publicación Kodak B-3, Rochester, 1992.

RODRÍGUEZ NICOLÁS, Francisco:
Colorimetría. Madrid, Instituto Oficial de Radio y Televisión, 1988.

SPENCER, D. A.: *Fotografía en Color*. Barcelona, Hispano-Europea, 1977.

WHITE, Laurie : *Infrared Photography Handbook*. Nueva York, Amherst, 1996.

VARIOS AUTORES: *La Ciencia de la Luz*. Madrid, Prensa Científica, 1998.

ARTÍCULOS:

DUBLER, Douglas: *Perfect Flesh Tones*. Photo Techniques, vol. 18, Número 4, julio/agosto 1997.

WOODS, Mark: *Calibrated Color Gels for Lights*. International Photographer, junio 1996.

Ficha al margen: *Filtros*

¿Qué es un filtro y cómo funciona?

Básicamente, un filtro es un elemento que sólo transmite la luz de su color y absorbe el resto de longitudes de onda. Así, por ejemplo, un filtro rojo (R) absorbe la luz verde (G) y azul (B) que a él llegue, transmitiendo únicamente la luz roja. Por su parte, un filtro magenta (M) transmite por igual la luz roja y azul (M= R + B) y absorbe la luz verde.

Ver Figuras 1.14.1. y 1.14.2. en el Cd-rom: "Esquemas de cómo se comportan ante la luz blanca un filtro R y otro M"

¿De qué están hechos los filtros?

Los filtros se fabrican en vidrio, gelatina o plásticos de diferentes calidades y grosores. Se pueden emplear delante de la fuente de luz o bien delante del objetivo de nuestra cámara, en cuyo caso es preciso que el filtro sea de la mejor calidad óptica posible, de modo que su empleo no provoque la reducción de la calidad de la imagen.

Factor de filtro

Al impedir el paso de cierta cantidad de luz y siempre que vayamos a situarlo delante de nuestro objetivo, deberá asignarse a todo filtro un valor indicativo de la reducción que provoca en la exposición del material sensible. A esto se le conoce como factor de filtro y suele aparecer en valores de exposición o logarítmicos. Así, por ejemplo, si un filtro sólo deja pasar la mitad de la luz que a él llega, su factor de filtro aparecerá indicado como "*x2*", "*1 stop*", "*+1EV*", o bien "*0.3*". En todos los casos, el dato nos indica, refiriéndose a distintas escalas, que debemos doblar la exposición estimada originalmente, ya que la mitad de la luz que llegue al filtro será absorbida por éste.

Tipos de filtros

Existen muchos tipos de filtros y su uso está indicado en un número muy variado de situaciones.. Existen filtros correctores y compensadores de color, para adecuar la respuesta cromática de luz y película. También existen filtros para fotografía en blanco y negro, filtros que aumentan o reducen el contraste relativo de la escena mediante el oscurecimiento o aclarado de determinados colores presentes en la imagen; filtros para efectos especiales (unos provocan reflejos en forma de estrella, otros oscurecen o colorean parcialmente una imagen, otros provocan un efecto general de difusión...); filtros polarizadores, y un largo etcétera.

Clasificación de los filtros: Wratten

No existe una denominación única y exhaustiva de todos los filtros existentes. Lo más parecido a esto es la llamada *serie Wratten* de Kodak. Esta denominación, que debe su nombre a un antiguo investigador y fabricante de material fotográfico, consiste en una numeración realizada de modo arbitrario. Cada filtro tiene asignado un número diferente: el filtro Wratten 25 es rojo; el Wratten 29 también, pero más denso; el Wratten 12 es amarillo... Kodak edita una guía que muestra las características exactas de transmitancia que debe cumplir un filtro para recibir una determinada numeración.

Ver Figura 1.15. en el Cd-rom: "Ejemplo de curva de transmisión de un filtro Kodak Wratten 25"

Si bien la serie de denominaciones Wratten no es la solución ideal (es incompleta y carente de lógica), representa lo más parecido a una referencia universal en el salvaje mundo de la producción de filtros. Cada fabricante emplea su propio sistema para denominar a sus filtros, pero todos ellos suelen indicar la equivalencia dentro de la serie Wratten.

APÉNDICE

a. ESCALA MIRED [Micro Reciprocal Degrees]

Se trata de una escala creada para medir la capacidad de los filtros coloreados para alterar la temperatura de color de las fuentes luminosas.

$$MIRED = 1.000.000 / {}^{o}K$$

Para calcular el factor de desviación necesario (y con él, el filtro adecuado) para equilibrar una fuente de luz y una emulsión, es preciso realizar el siguiente cálculo:

$$\text{Desviación en Valores MIRED} = 1.000.000 / {}^{o}K_1 - 1.000.000 / {}^{o}K_2$$

Donde $^{o}K_1$ = Temperatura de Color inicial (antes de emplear el filtro)
$^{o}K_2$ = Temperatura de Color final (tras el ajuste necesario)

Los filtros azules (que elevan la temperatura de color) tienen, pues, valores MIRED negativos.
Los filtros ámbar (que reducen la temperatura de color) tienen, pues, valores MIRED positivos.

Veamos un **ejemplo** del empleo de esta escala:

- Calcular el ajuste necesario para emplear película luz día (5500ºK) con una fuente emisora de 3200ºK.

1.000.000 / 5.500 – 1.000.000 / 3200 = – 130'6 MIREDs

Por lo tanto, habrá que colocar un filtro azul (valor *negativo*) que desvíe en 130'6 MIREDs la temperatura de color de la fuente de luz: concretamente, el filtro 80A de la serie *Wratten*.

b. Distintas Teorías del Color Propuestas a lo largo de la Historia

TEORÍA CORPUSCULAR Newton (1666)	La luz está compuesta por partículas emitidas por los cuerpos. Se rige por las leyes de la mecánica clásica.	Esta teoría permite explicar la propagación y algunas características de la luz (absorción, reflexión, transmisión). La refracción sólo se explica si se entiende que las partículas de luz son elásticas.	No puede explicar otros fenómenos (difración, interferencia, irisaciones en láminas delgadas de vidrio [conocidas como *anillos de Newton*]).
TEORÍA ONDULATORIA Huyghens (1678)	La luz consiste en un movimiento ondulatorio longitudinal, similar al que produce el sonido. La luz es generada por la vibración de las partículas incandescentes, y se propaga a través del éter, sustancia informe que existe incluso en el vacío.	Esta teoría permite explicar la difracción y la polarización, además del resto de características demostradas por la teoría corpuscular de Newton.	
TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA Maxwell (1865)	La luz es energía electromagnética, y como tal, se transmite en forma de ondas luminosas, que gozan de las mismas propiedades que el resto de ondas	Esta teoría, entre otras ventajas, permite la explicación de la propagación (y velocidad) de la luz en el vacío [sin	Sin embargo, siguen sin explicarse la emisión de luz por cuerpos incandescentes, los fenómenos fotoeléctricos y la radiación por absorción ó

	electromagnéticas. Se trata, pues, de una teoría heredera de la de Huyghens.	necesidad de éter].	emisión.
TEORÍA CUÁNTICA Planck (1900)	Retoma de Newton la existencia de partículas de luz (llamadas *cuantos*, más tarde *fotones*).	Permite explicar los fenómenos eléctricos de intercambio de energía entre materia y luz.	Pero no puede explicar los fenómenos de tipo ondulatorio.
De Broglie (1925)	Concilia las teoría corpusculares y ondulatorias, proclamando la dualidad de la naturaleza de la luz. Por un lado, la luz está formada por fotones (procesos de emisión y absorción) y, por otro, se comporta como ondas electromagnéticas (propagación).		

c. Teorías sobre el proceso de la Visión

TEORÍA TRICROMÁTICA Young / Helmholtz (1801)	TEORÍA DE LOS ANTAGONISTAS Hering (1874)	ULTIMAS TEORÍAS Land (1970s)
Desarrollada desde el campo de la Física. La luz es percibida por 2 grandes tipos de células fotosensibles situadas en la retina: *conos* (que perciben el color) y *bastones* (que perciben forma y detalle). Existen asimismo 3 tipos de conos, sensibles al R, G y B. La sensación de color se produce cuando una luz con una mezcla no uniforme de longitudes de onda estimula en distinta medida cada uno de estos fotorreceptores. Si todos son estimulados por igual la sensación es acromática.	Viene del campo de la Psicología. Los fotorreceptores de la retina son iguales, simplemente tienen sustancias fotosensibles que operan con distintos pares opuestos de color: B/Y, R/G y W/K. Al recibir luz, estas sustancias tienden a uno de ambos polos.	Da mayor relieve en el proceso de percepción del color a la labor procesadora del cerebro que a la de unos fotorreceptores especializados. Según Land, el cerebro clasifica toda la información visual que le llega (color, distancia, tamaño y forma) para crear una sensación estable y permanente (pese a los contínuos cambios de intensidad y color de la luz percibidos).
Esta teoría explica tanto la visión de todos los colores (como suma de excitación a dos primarios) como el fenómeno de saturación (cuando sólo uno de los tres tipos de receptores es estimulado).	Esta teoría explica la carencia de sensaciones intermedias entre pares opuestos (azules amarillentos ó verdes rojizos), así como los defectos visuales antes expuestos. También explica la inducción temporal del color.	Land cree que el color de un objeto no depende únicamente de la luz reflejada por éste, sino que tiene que haber algo más, invariable aunque cambie la iluminación. Las luminosidades relativas de la escena juegan un papel importante en la percepción del color, así que mientras éstas no cambien, la sensación de color no varía aunque el color de la luz sea el mismo.

Sin embargo, no puede explicar porqué algunos daltónicos no pueden diferenciar R y G, y sin embargo distinguen perfectamente el Y [que debería ser la suma de ambas percepciones]		Esta teoría explica la *constancia de color* (el ojo toma por luz blanca cualquiera a la que lleve sometido un tiempo prolongado). También explica el hecho (comprobado por Land) de que es posible reproducir los colores reales mediante 2 únicos negativos de separación tomados con filtros R y G, proyectados simultáneamente de forma que sólo la imagen R sea filtrada al proyectarse, esto es, dejando sin filtrar la proyección de G.
Actualmente se admiten parcialmente ambas teorías. De la primera se toma el proceso de estimulación de conos y bastones; de la segunda, el tratamiento de la información y su transmisión al cerebro.		

II. La Cámara

2.1. La Cámara Oscura

Como vimos en el capítulo introductorio a este curso, el precedente más antiguo de la moderna cámara fotográfica lo constituye la llamada *cámara oscura*, también conocida como *cámara estenopeica* o *estenope*. Esta consiste en un espacio estanco a la luz, salvo por un pequeño orificio situado en uno de sus lados. Por dicho orificio (llamado *estenopo*) entran los rayos luminosos en el interior del estenope. Estos rayos forman una imagen en la cara opuesta a aquélla por la que se introducen en la cámara, del modo siguiente:

Ver Figura 2.1. en el Cd-rom: "Esquema de la formación de una imagen en el interior de la cámara oscura"

Las imágenes que se forman en el interior de una cámara oscura presentan una serie de características comunes a todas ellas:

a) La imagen aparece invertida, tanto vertical como lateralmente. Esto se debe a la trayectoria rectilínea de los rayos luminosos que la forman.
b) La imagen es tenue, pues está formada por sólo unos pocos rayos de luz.
c) La imagen muestra los mismos tonos del objeto u objetos reales a los que representa.
d) La imagen es poco nítida, a causa de la *difracción* [o desviación de los rayos de luz que pasan próximos al borde del agujero], pero lo es de igual forma en todos sus elementos, sin importar la distancia o el tamaño de los objetos reales que en ella aparecen.
e) La imagen es menor y más clara y nítida cuanto menor sea la distancia entre el lugar donde se forma y el orificio de entrada en la cámara.

Aunque las primeras cámaras fotográficas que se emplearon no eran técnicamente cámaras estenopeicas (pues ya incorporaban lentes), este tipo de cámaras sencillas se ha empleado a lo largo de la Historia –y aún se emplea– para tomar fotografías. Existe toda una corriente de fotógrafos contemporáneos que realizan su obra con la simple ayuda de una "cámara de agujero", fabricada por ellos mismos en cartón, madera o plástico. Otras veces, estos "estenopégrafos" emplean cámaras fotográficas convencionales a las que desmontan el objetivo, sustituyéndolo por una simple placa con un agujero. El resultado son imágenes distintas a las normales, no necesariamente de peor calidad, pero con una cualidad intrínseca que las distingue del resto de imágenes fotográficas: todos los planos del sujeto aparecen representados con la misma nitidez.

Ver Figuras 2.2.1. y 2.2.2. en el Cd-rom: "Ejemplo de imágenes obtenidas con una cámara oscura y de cámaras estenopeicas, una hecha a mano, y otra añadiendo una placa con un agujero a un modelo comercial"

2.2. De la Cámara Oscura a la Cámara Fotográfica.

A partir de la invención de la Fotografía en el primer tercio del siglo XIX, la cámara oscura pasó a ser –además de un útil de ayuda al dibujo– el medio de captación de las imágenes fotográficas. Su diseño evolucionó de modo parejo al del resto de la tecnología fotográfica. Surgieron cámaras de diferentes formas y tamaños para adecuarse a los distintos formatos empleados por los fotógrafos pioneros, quienes a menudo fabricaban artesanalmente sus propias emulsiones. De esta primera época es la llamada "cámara de dos cajones". Dichos cajones podían extenderse ó recogerse a voluntad, permitiendo en la práctica la obtención de imágenes con distintas distancias focales.

Ver Figura 2.3. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámara de dos cajones"

A partir de 1860, se extendió el uso de la cámara de fuelle, que –con el cambio de siglo– incorporaría además la posibilidad de alterar la posición relativa de los planos del objetivo y de la imagen, no sólo longitudinal sino también transversalmente, mediante el empleo de ingeniosos movimientos de cámara.

Ver Figura 2.4. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámara de fuelle"

Los años '30 del pasado siglo XX asistieron a la proliferación de las llamadas "collapsible cameras". Se trata de cámaras de formato medio ó grande que incorporan un fuelle con un objetivo retráctil sobre una base rígida. Esto las dotaba de cierta "portabilidad". El objetivo se mueve sobre la base por unos raíles, que le permiten ciertos –limitados- movimientos. De este tipo son las famosas "Speed Graphic", herramienta indispensable entre los reporteros gráficos norteamericanos hasta la aparición de las modernas cámaras réflex de un solo objetivo.

Ver Figura 2.5. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámara de este tipo"

En los últimos 50 años, el diseño que se ha impuesto sobre los otros ha sido el de las llamadas cámaras *réflex de un solo objetivo*, también conocidas como SLR (del inglés *"Sole Lens Reflex"*). Estas cámaras constan entre sus componentes de un espejo situado detrás del objetivo. Este espejo refleja (de ahí el nombre *réflex*) hacia arriba la imagen captada por la lente, de modo que el fotógrafo pueda encuadrar al sujeto con la seguridad de obtener exactamente lo que ve por el visor. Durante la exposición, el espejo debe plegarse, de modo que permita el paso de la luz hasta la película

Ver Figura 2.6. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámara de este tipo y de su funcionamiento"

A menudo, estas cámaras incorporan un prisma de cinco caras ("pentaprisma") en su parte superior, de modo que la imagen reflejada por el espejo resulte corregida en su inversión lateral al tiempo que es enviada hacia un visor situado en la parte posterior de la cámara.

2.3. Elementos Básicos de una Cámara Fotográfica

De entre los múltiples elementos que puede incorporar una cámara fotográfica, sólo 2 son absolutamente indispensables: el obturador y el diafragma.

2.3.1.Obturadores

El obturador controla el tiempo de exposición, es decir, el tiempo durante el cual la película situada en el interior de la cámara recibirá luz a través del objetivo.

El primer obturador en emplearse fue... ¡la tapa del objetivo! Efectivamente, los primeros fotógrafos exponían la película simplemente destapando la lente durante el tiempo estimado como necesario para obtener una imagen correcta. Un simple reloj de bolsillo era la única herramienta disponible en aquella época para acertar con el tiempo de exposición deseado.

Afortunadamente, hoy en día la tarea es más sencilla. Cualquier cámara dispone de un obturador que permite elegir entre varios tiempos de exposición diferentes y perfectamente repetibles. Estos tiempos suelen estar normalizados de acuerdo a la siguiente tabla:

1/8.000sg 1/4.000 1/2.000 1/1.000 1/500 1/250 1/125 1/60 1/30 1/15 1/8 ¼ ½ 1sg 2sg etc

Nótese que cada uno de estos tiempos de exposición es doble o mitad del inmediato anterior o posterior. Aquí puede verse un ejemplo de una cámara que dispone de algunos de estos tiempos de exposición:

Ver Figura 2.8. en el Cd-rom: "Ejemplo de rueda de tiempos de exposición"

Algunas cámaras disponen además de tiempos intermedios a éstos. Obsérvese cómo en nuestro ejemplo aparece una *b* justo después del mayor tiempo de exposición que ofrece la cámara. Esta b es la abreviatura de *bulb* y si optamos por élla, el obturador permanecerá abierto (y, por lo tanto, la exposición de la película a la luz continuará) en tanto no dejemos de presionar el disparador de la cámara. Al cesar la presión sobre el disparador, el obturador se cerrará, cortando definitivamente el paso de la luz.

Otras cámaras, más sofisticadas, disponen de otra selección en el dispositivo de control del obturador: la posición *T* (del inglés *time*). Si se opta por *T*, al pulsar una vez el disparador se abrirá el obturador y no se cerrará hasta que volvamos a presionarlo. De este modo, es posible realizar largas exposiciones, de hasta varias horas, sin necesidad de permanecer junto a la cámara.

Ver Animación 2.9. en el Cd-rom: "Ejemplo de cómo funciona un obturador al seleccionar distintos tiempos de exposición (1sg, ¼ sg, B, T) "

Los **obturadores modernos suelen ser de dos tipos**:

- Los llamados *de plano focal* consisten en dos cortinillas de metal o tela que, situadas inmediatamente por delante de la película, se persiguen una a otra, dejando a su paso una rendija a través de la cual entra la luz. Cuanto mayor es el tiempo de exposición seleccionado, mayor es la rendija. Si el tiempo escogido es suficientemente largo, la segunda cortinilla tarda más tiempo en salir tras la primera, con lo que el fotograma queda completamente al descubierto durante un instante. Es importante saber a partir de qué tiempo de exposición ocurre esto, porque –como veremos más adelante– sólo seleccionando dicho tiempo o uno mayor podremos disparar con éxito un flash sincronizado a nuestra cámara[1].
- Los llamados *centrales* o *entre lentes* son obturadores situados fuera del cuerpo de la cámara, exactamente –como su nombre indica– entre las lentes del objetivo. Consisten en una serie de palas concéntricas que se abren al pulsar el disparador, permitiendo el paso de la luz hacia la película. Con estos obturadores, cualquier tiempo de exposición escogido permitirá exponer simultáneamente la totalidad del fotograma, por lo que las cámaras que incorporan obturador central no presentan problemas de sincronización a la hora de fotografiar con ayuda de un flash[1].

Si bien es cierto que toda cámara cuenta con un obturador, no es menos cierto que muchas de ellas no permiten conocer durante cuánto tiempo permanece abierto. Las cámaras compactas, simples o automatizadas, suelen permitir uno o muy pocos tiempos distintos de exposición. El usuario de estas cámaras no dispone de control alguno sobre el tiempo de exposición empleado. Estas cámaras pueden incorporar algún sistema de evaluación de la luz ambiente, de modo que escojan automáticamente el tiempo de exposición que mejor se adapte a las condiciones lumínicas de la toma. Incluso los mejores de estos dispositivos automáticos de medición son incapaces de evaluar correctamente todas las posibles situaciones en las que puede plantearse la toma de una fotografía.

2.3.2 Diafragmas

El diafragma, por su parte, es el dispositivo encargado de controlar la intensidad con que la luz llega a la película, o –dicho de otro modo– es quien ajusta el tamaño de la abertura por la que entrará la luz hasta la película durante el tiempo seleccionado en el obturador.

Ver Figura 2.10. en el Cd-rom: "Ejemplo de cómo funciona un diafragma, abriéndose y cerrándose entre f-2'8 y f-22 "

El diafragma se haya inserto en el objetivo. Suele poder emplearse a distintas aberturas, que reciben denominaciones no del todo claras, al menos a simple vista:

Ver Figura 2.11. en el Cd-rom: "Ejemplo de inscripción de las distintas aberturas en un diafragma"

Estos números, denominados *números f* constituyen un indicativo de la cantidad de luz que atraviesa el objetivo. Así, cuanto mayor es el número, la abertura del diafragma correspondiente dejará pasar MENOS luz, y viceversa.

Concretamente, si el número f es doble, la cantidad de luz que atraviesa el objetivo con esa abertura es exactamente la CUARTA PARTE.

Recordar esto es fundamental, como se verá más adelante. Baste de momento con señalar que, del mismo modo que ocurría con los tiempos de exposición, cada una de las aberturas marcadas en nuestro diafragma permite obtener el doble o la mitad de exposición a la luz que las situadas inmediatamente junto a ella.

Cuando manipulamos los controles del diafragma, es muy probable que no observemos ninguna variación en su abertura. Esto es así porque el diafragma no se ajusta a la abertura seleccionada hasta el momento del disparo. De no ser por esto, difícilmente podríamos ver algo a través de un objetivo cerrado a una abertura de f-11 o menor. Sólo gracias a que el diafragma permanece abierto al máximo hasta el preciso instante de la exposición, podemos observar la imagen con total claridad independientemente de la abertura que hayamos seleccionado.

2.3.3 Otros Elementos y Funciones

Además del diafragma y del obturador, las cámaras fotográficas pueden incorporar toda una serie de elementos adicionales. Veamos a continuación los más comunes:

Objetivo

Ver Figura 2.12. en el Cd-rom: "Ejemplo de objetivo fotográfico"

Pese a que, como hemos visto, el objetivo no es elemento imprescindible para obtener fotografías, lo cierto es que prácticamente todas las cámaras fotográficas incorporan un objetivo. Más adelante, dedicaremos un capítulo completo de este curso al estudio de los distintos tipos de objetivos.

Exposímetro

Ver Figuras 2.13.1. y 2.13.2. en el Cd-rom: "Ejemplos de rueda de sensibilidades y de pantalla de medición de un exposímetro"

A menudo denominado [incorrectamente] *fotómetro*, el exposímetro es un dispositivo capaz de evaluar la exposición necesaria para impresionar adecuadamente la película. Para calcular la exposición correcta, el exposímetro tiene en cuenta la sensibilidad de la película a la luz, así como la cantidad de ésta presente en el momento de la toma. A partir de ambos factores, el exposímetro propone o impone un tiempo de exposición y una abertura de diafragma adecuados a las condiciones lumínicas evaluadas.

Algunas cámaras realizan la medición de la luz y el cálculo de la exposición de modo automático, sin que el usuario pueda llegar a saber durante cuánto tiempo o a qué abertura de diafragma se realizará la exposición. Otras cámaras ni siquiera disponen de exposímetro, precisando de un exposímetro externo para calcular la exposición adecuada.

En cualquier caso, el exposímetro es un artilugio imprescindible a la hora de tomar fotografías, como se verá en próximos capítulos.

Autodisparador / retardo

Ver Figura 2.14. en el Cd-rom: "Símbolo del retardo de disparo"

Para permitir que el autor de la foto pueda salir en ella, algunas cámaras disponen de un mecanismo de retardo desde el momento en que se pulsa el disparador hasta el momento preciso en que el obturador se abre. Este retardo en el disparo puede ser, en ocasiones, ajustado dentro de unos valores preestablecidos por el fabricante (por ejemplo, 5, 10 o 20 segundos). Otras cámaras permiten incluso la instalación de un cable disparador que evite o al menos reduzca la posible trepidación provocada al pulsar el botón de disparo cuando se emplea un tiempo de exposición prolongado.

Enfoque Automático (AF)

Ver Figura 2.15. en el Cd-rom: "Símbolo del sistema AF"

Algunas cámaras modernas son capaces de evaluar la distancia a la que se encuentra el sujeto a fotografiar, ajustando el enfoque de modo automático. Son las denominadas cámaras *autofocus*. Los modelos más perfeccionados son capaces incluso de seguir la trayectoria de un sujeto en movimiento sin perder su enfoque.

Mecanismo de previsualización de la profundidad de campo (en cámaras réflex)

Ver Figura 2.16. en el Cd-rom: "Ejemplo de palanca del mecanismo de previsualización de la profundidad de campo"

En ocasiones, puede interesarnos observar la escena a través de la abertura de diafragma a la que va a obtenerse la imagen. Como quedó escrito más arriba, esto normalmente no es posible, ya que el diafragma permanece totalmente abierto en tanto en cuanto no se pulse el disparador. Mediante un pulsador especial, algunas cámaras permiten cerrar el diafragma a la abertura de trabajo antes de realizar la toma. Se trata de un refinamiento muy común en modelos de cámara clásicos, pero hoy en día poco frecuente.

Telémetro, visor directo

No todas las cámaras son réflex. Algunas, las más simples, constan de un visor directo, es decir, una simple abertura a ambos lados de la cámara que permite hacerse una idea aproximada de la imagen que obtendremos. Estas cámaras adolecen del llamado *error de paralaje*, o diferencia entre la imagen observada a través del visor y la obtenida por la lente (situada por lo general algo más abajo y hacia un lado respecto del visor).

Ver Animación 2.17. en el Cd-rom: "Ejemplo del error de paralaje al emplear una cámara de visor directo para tomas a corta distancia"

Otras cámaras emplean un complejo sistema de enfoque llamado *telémetro*, en el que se obtienen dos imágenes semejantes del sujeto que sólo coincidirán en el visor cuando la imagen quede enfocada. Estos dispositivos requieren de ajustes muy complejos, por lo que las cámaras que los incorporan suelen ser de precio elevado. Frente a las SLR, los modelos de telémetro presentan, entre otras, la ventaja de no perder de vista al sujeto durante el momento de la exposición (pues no tienen espejo que se levante y tape el visor).

Ver Animación 2.18. en el Cd-rom: "Ejemplo de funcionamiento de un telémetro, con las 2 imágenes solapándose sólo cuando el enfoque es correcto"

Mecanismo de compensación de la exposición

Ver Figura 2.19. en el Cd-rom: "Ejemplo de botón o rueda de compensación de Evs"

Permite alterar la medición efectuada por el exposímetro de la cámara. Se emplea en aquellas situaciones en que el fotógrafo *sabe* que la cámara no está calculando adecuadamente la exposición correcta.

Mecanismo de bloqueo previo del espejo (en cámaras réflex)

Ver Figura 2.20. en el Cd-rom: "Ejemplo de palanca de bloqueo de espejo"

El movimiento del espejo previo a la exposición puede hacer que una imagen pierda algo de su nitidez. Este fenómeno es observable en condiciones de mínima profundidad de campo y cuando el tiempo de exposición no es muy grande. Algunos modelos de cámara réflex permiten levantar el espejo antes de la exposición, de modo que cuando el obturador se abre no hay ya riesgo de trepidación en la cámara.

Mecanismo de cierre de cortinilla en el visor (en cámaras réflex)

Evita la posible entrada de luz parásita desde el visor durante la exposición.

Zapata para conexión de flash / terminal PC para conexión de flash

Ver Figura 2.21.1. y 2.21.2. en el Cd-rom: "Ejemplos de ambos"

Permiten sincronizar una o varias unidades de flash a la cámara, de modo que coincida el destello con el momento exacto en que se abre el obturador.

Programas de Exposición Automática

Ver Figura 2.22. en el Cd-rom: "Ejemplos de pantallas de LCD o control de programas (A, P, S, etc.)"

Facilitan el empleo rápido de la cámara. Pueden ajustar la abertura de diafragma necesaria para exponer correctamente durante el tiempo seleccionado por el usuario o viceversa. En ocasiones, incluso, escogen el par idóneo de valores de abertura de diafragma y tiempo de exposición según unos parámetros internos que pueden tener en cuenta la distancia y velocidad del sujeto, el peso y longitud del objetivo empleado, etcétera.

Existen otros muchos accesorios. Consulte el manual de instrucciones de su cámara para conocer cuáles de ellos incorpora y para qué sirven.

2.4. Tipos de Cámaras: Aplicaciones

2.4.1.SLR y TLR

Ya hemos hablado de las cámaras réflex de un solo objetivo (SLR). Pese a su nombre, estas cámaras acostumbran a permitir el cambio de objetivo, de modo que puedan captarse diferentes ángulos visuales según la necesidad del momento.

Las cámaras SLR suelen emplearse en todo tipo de trabajos fotográficos, tanto profesionales como aficionados, si bien su rapidez de manejo las hace especialmente indicadas para aquellos géneros que se desarrollan principalmente en exteriores: fotografía de viajes, reportaje, incluso moda. Las hay en distintos formatos, si bien los más comunes en estas cámaras son el llamado *paso universal* y el formato 120 / 220. Algunas de ellas, las más grandes y pesadas, permiten el empleo de chasis portapelícula intercambiables, de modo que pueda simultanearse un mismo cuerpo de cámara con distintos tipos de película (por ejemplo, diapositiva, negativo y película instantánea). Asimismo, algunas de estas cámaras permiten incluso la inserción de algún respaldo captador digital.

Ver Figuras 2.23.1. , 2.23.2. y 2.23.3. en el Cd-rom: "Ejemplos de cámara SLR de formato medio con distintos tipos de respaldos"

Existe otro tipo de cámaras réflex, las llamadas TLR [del inglés "*Twin Lens Reflex*", o "*réflex de objetivos gemelos*"]. Se trata de cámaras híbridas. Por un lado, y como su nombre indica, montan 2 objetivos semejantes. Uno se emplea para enfocar, al modo ya explicado de las cámaras SLR, con la luz atravesando dicho objetivo y siendo posteriormente enviada hacia arriba por un espejo.

Ver Animación 2.24. en el Cd-rom: "Explicación de cómo se forma la imagen en una cámara TLR"

El otro objetivo es el encargado de tomar la imagen. Así, cuando la distancia de enfoque es la correcta, se pulsa el disparador y el obturador (que suele ser del tipo central o entre lentes) se abre, exponiendo la película a la luz.

Ver Animación 2.25. en el Cd-rom: "Explicación de cómo se forma la imagen en una cámara TLR (continuación)"

Como puede verse en el gráfico, el espejo permanece inmóvil durante la exposición, por lo que en ningún momento se pierde de vista el sujeto fotografiado (a diferencia de lo ocurrido con las cámaras SLR, en las que el momento de la exposición coincide con el bloqueo de la luz por el espejo al elevarse). Además, al tratarse en este caso de un espejo fijo, se elimina igualmente cualquier posible trepidación debida a aquél.

Pese a lo que pueda parecer, no todo son ventajas en este tipo de cámaras. Por ejemplo, presentan error de paralaje, ya que no coincide exactamente lo que se ve por el objetivo de enfoque y lo que capta el objetivo de toma. Su uso estuvo muy extendido hasta los años '60, sobre todo en el campo de la fotografía de moda, pero luego ha ido decayendo y hoy en día se ha restringido casi exlusivamente al campo de la fotografía de aficionados.

Estas cámaras pueden presentar objetivos intercambiables, en cuyo caso se cambian los dos a la vez (normalmente van montados en un soporte común).

2.4.2. Cámaras Compactas

Ver Figura 2.26. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámara compacta"

Las cámaras compactas han sido tradicionalmente el coto cerrado de los aficionados a la Fotografía. Solían ser las cámaras más simples y económicas de todas, pero eso ha cambiado con el paso del tiempo. Hoy en día, junto a las cámaras compactas más baratas y de menores prestaciones –de visor directo, objetivo de mala calidad y con un tiempo único de exposición– pueden encontrarse modelos que incorporan muchas de las características desarrolladas en los modelos profesionales: visor de telémetro, exposímetro de gran precisión, autoenfoque rápido y silencioso, posibilidad de control manual de la exposición junto a programas de exposición automáticos de

gran fiabilidad, etcétera. Esto ha hecho que algunos fotógrafos profesionales incluyan en su equipo una de estas cámaras para cuando la ocasión requiera de rapidez y –sobre todo – anonimato…pues con estas cámaras resulta más fácil pasar desapercibido que empuñando un modelo más "profesional".

2.4.3.Cámaras de Un Solo Uso

Bien puede decirse que estas cámaras han venido a ocupar el lugar dejado vacante por las cámaras compactas, cada día más complejas y por ello, más caras. Las cámaras de un solo uso reciben este nombre porque, al igual que las primeras cámaras lanzadas al mercado por la empresa Kodak, a finales del siglo XIX, vienen precargadas de fábrica con un rollo de película. "*Usted apriete el botón, que nosotros hacemos el resto*", decía la publicidad de Kodak. Del mismo modo que hace 100 años, una vez agotado el cupo de exposiciones la cámara es devuelta al fabricante (o al laboratorio) para que éste se encargue de procesar la película. Los antiguos modelos de Kodak eran devueltos nuevamente cargados. En la actualidad, las cámaras de un solo uso no se devuelven al usuario, sino que el fabricante reutiliza sus piezas para ensamblar nuevos ejemplares.

Ver Figura 2.27. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámaras desechable"

Existen diversos tipos de cámaras precargadas de un solo uso: panorámicas, cargadas con película de blanco y negro o color, incluso algunos modelos incorporan un pequeño flash, suficiente para exposiciones a corta distancia.

2.4.4.Cámaras de Banco

Ver Figura 2.8. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámara de banco"

También llamadas cámaras *de banco óptico*, cámaras *de placas* o cámaras *técnicas*. Las cámaras de banco son modelos basados en la ya comentada *cámara de fuelle*. Los hay de muchos tipos y tamaños, pero siempre superiores en tamaño a las cámaras SLR y compactas. Su uso suele estar reservado para trabajos de estudio o, en general, cualquiera que no requiera de velocidad de ejecución. Suelen emplearse con película de formatos

grandes y en hojas, si bien los modelos más desarrollados permiten el empleo tanto de chasis para película en rollo como de otros para material instantáneo e incluso algún respaldo digital.

2.4.5.Cámaras Panorámicas

Ver Figura 2.29. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámara panorámica"

Las cámaras panorámicas son aquéllas que ofrecen un formato más alargado del tradicional (que suele ser de unas proporciones de 3:2). El ángulo visual abarcado por estas cámaras puede ser de unos 100º de circunferencia.

Para lograr dicho ángulo visual, algunas cámaras emplean un giro de objetivo durante la exposición. Esto provoca indefectiblemente la curvatura de todas aquellas líneas horizontales situadas por encima y por debajo del mismo horizonte o línea de fuga. También existen cámaras panorámicas que no precisan de dicho giro del objetivo, por lo que sus imágenes no presentan dicha curvatura.

Ver Figuras 2.30.1 y 2.30.2. en el Cd-rom: "Ejemplos de fotografías tomadas con 2 cámaras panorámicas, una "rectilínea" y otra de objetivo móvil"

Las cámaras panorámicas pueden encontrarse tanto en formato 135 como en formato medio.

2.4.6.Cámaras para Película Instantánea

La película instantánea apareció en el mercado en los años '50. En un principio, su uso se extendió entre los aficionados. Pero hace ya tiempo que los profesionales descubrieron sus enormes posibilidades como película de pruebas. Resulta mucho más económico tomar una imagen instantánea que esperar al procesado de todo el material y comprobar que ha habido algún error que nos obligará a repetir la sesión fotográfica...

Las cámaras para película instantánea no difieren especialmente de las empleadas con película convencional. Existen modelos compactos, SLR e incluso respaldos intercambiables para cámaras profesionales, tanto de formato medio como de gran formato.

Ver Figura 2.31. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámara o chasis para película instantánea"

2.4.7.Cámaras Digitales

El mundo de la fotografía digital cambia día a día. Como no podía ser de otro modo, el diseño de las cámaras digitales se aprovecha de la experiencia aportada por casi dos siglos de fotografía convencional. Como resultado de ello, existen actualmente en el mercado diferentes modelos de cámaras digitales, cada uno de ellos claramente dirigido a un público muy definido.

Ya hemos hablado de los respaldos digitales profesionales, específicamente diseñados para ser acoplados a cámaras SLR de gama alta. Pero es que existen además auténticos modelos SLR de objetivos intercambiables, con todos los refinamientos propios de los modelos analógicos más desarrollados.

Ver Figura 2.32. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámara SLR digital"

Al mismo tiempo, el mercado presenta cámaras digitales más económicas y compactas, similares en diseño y prestaciones a las cámaras analógicas, aunque a un precio claramente superior al de éstas.

Ver Figura 2.33. en el Cd-rom: "Ejemplo de cámara digital de aficionado"

2.4.8.Otros Diseños

Existen otros muchos tipos de cámaras fotográficas, específicamente diseñados para un campo profesional concreto. Así, por ejemplo existen cámaras especialmente estancas y resistentes a la presión para fotografiar bajo el agua o a gran altura desde un avión; cámaras *perifotográficas*, que permiten obtener una imagen lineal del perímetro de un objeto curvo; cámaras *miniatura*, para ser empleadas por espías y similares, etcétera. Hablar de todas ellas se sale de los objetivos de este curso.

Ejercicios Prácticos Propuestos

1. Observa y anota los distintos tiempos de exposición que permite emplear el obturador de tu cámara. ¿Puedes seleccionarlos manualmente? Si es así, realiza una serie de fotos idénticas con cada uno de ellos, pero sin variar en ningún caso la abertura de diafragma [emplea película para diapositivas]. Examina los resultados. ¿Qué ha ocurrido? ¿Por qué?

2. Observa y anota las distintas aberturas de diafragma que permite emplear el objetivo de tu cámara. ¿Puedes seleccionarlas manualmente? Si es así, realiza una serie de fotos idénticas con cada una de ellas, pero sin variar en ningún caso el tiempo de exposición [emplea película para diapositivas]. Examina los resultados. ¿Qué ha ocurrido? ¿Por qué?

3. Observa y anota cuáles de los distintos elementos accesorios comentados aparecen en tu cámara. Consulta el manual de instrucciones si es preciso. ¿Te parece superfluo alguno de ellos? ¿Cuáles? ¿Por qué?

Bibliografía Específica sobre el Tema II:

LIBROS:

AUER, Michel: *Michel Auer Guide. The Guide to Antique Cameras*. París, Camera Obscura, 1990

FRIZOT, M. (editor): *A New History of Photography*. Colonia, Könemann, 1998.

LANGFORD, Michael J.: *Fotografía Básica*. Barcelona, Omega, 1997

ROSENBLUM, N.: *A World History of Photography*. Nueva York, Abbeville Press, 1989.

STROEBEL, Leslie: *View Camera Technique*. Stoneham, Focal Press, 1986.

EASTMAN KODAK COMPANY: *From Glass Plates to Digital Images*. Rochester, 1994

WU, Norbert: *How to Photograph Underwater*. Mechanicsburg, Stackpole, 1994.

III. El Material Sensible

3.1. Sustancias Sensibles a la Luz

Existen numerosas sustancias que reaccionan al ser iluminadas, transformándose. La manera en que se transforman varía enormemente dependiendo de la sustancia.

Algunas sustancias, como las gelatinas bicromatadas, resultan endurecidas por la acción de la luz. Lo mismo ocurría con el betún de judea empleado por Niepce en sus experimentos protofotográficos.

En otras ocasiones, los objetos pueden *fluorecer* –esto es, emitir ciertas longitudes de onda al recibir otras de menor longitud–. Sabemos también que el papel tiende a amarillear tras una prolongada exposición a la luz. Incluso la piel humana enrojece o se broncea si nos excedemos en nuestra exposición a las radiaciones solares.

Algunos metales también experimentan cambios físicos tras ser expuestos a la luz. Algunas sales de hierro, por ejemplo, reaccionan a la luz en presencia de ciertos compuestos, cambiando de color. Y la plata es reducida a plata metálica, tornando su color de blanco a negro.

Precisamente la plata ha sido y aún hoy es la sustancia fotosensible más asiduamente empleada en la Historia de la Fotografía.

3.2. Evolución de las Emulsiones Fotográficas

Como ya vimos en el capítulo introductorio a este curso, los materiales sensibles para Fotografía han experimentado grandes modificaciones a lo largo de su historia. Los más comunes han sido los formados por haluros de plata (cloruro, bromuro o yoduro de plata, en solitario o bien en distintas combinaciones) aglutinados con albúmina, colodión o gelatina y extendidos sobre un soporte que en un principio era de papel, más tarde de vidrio y posteriormente, de alguna sustancia plástica (nitrato, acetato, diacetato o triacetato de celulosa, o bien poliéster).

El empleo de aglutinantes para vehicular los haluros de plata se inició muy pronto, hacia 1.850, y contribuyó a mejorar la reproducción de los detalles, al separar el soporte de la sustancia fotosensible. En la actualidad y desde las últimas décadas del siglo XIX, el aglutinante empleado de forma masiva para uso fotográfico es la gelatina.

La gelatina reúne varias características que hacen de ella una sustancia especialmente adecuada en la fabricación de material sensible. Es barata y relativamente fácil de conseguir a partir de la piel y huesos de los animales. Su capacidad para hincharse al humedecerse favorece además el acceso rápido y directo de los líquidos de procesado a los granos de plata.

3.3. Sensibilidad Espectral

La plata no es sensible a todos los colores del espectro visible. Tan sólo lo es a las radiaciones ultravioletas, violetas y azules. Esto provocó que las primeras emulsiones fotográficas –basadas en haluros de plata "sin modificar"– fueran incapaces de reproducir en distintos tonos de gris los objetos de color rojo, amarillo o verde. Todos ellos aparecían de un tono oscuro similar. Lo contrario ocurría con los elementos azules o violetas, que aparecían más claros de lo que en un principio les correspondería. Esto provocaba el curioso efecto de reproducir a las personas de tez clara (sonrosada) y ojos azules, con la piel oscura y los ojos casi blancos...Los cielos azules también se veían alterados por este problema, apareciendo totalmente blancos a causa de la mayor sensibilidad del material a este color.

Con el paso del tiempo, se desarrollaron ciertas sustancias colorantes que, añadidas a la emulsión, prolongaban el tramo del espectro visible al que era sensible la plata. Surgieron así –a finales del XIX– los materiales *ortocromáticos*, sensibles hasta el límite del amarillo. Y, ya a comienzos del siglo XX, los materiales *pancromáticos*, que presentan sensibilidad a todas las radiaciones visibles. Posteriormente, se desarrollaron materiales sensibles incluso a las radiaciones infrarrojas de menor longitud de onda, es decir, aquéllas que limitan con el borde "superior" del espectro visible. Este tipo de emulsiones sensibles –conocidas como emulsiones *IR* o infrarrojas– permiten observar la realidad desde un punto de vista diferente al accesible mediante nuestra visión "normal".

Ver Figura 3.1. en el Cd-rom: "Sensibilidad de los distintos materiales fotográficos (sensible al azul, ortocromático, pancromático e IR"

En la actualidad, la mayor parte de los materiales de cámara, tanto para fotografía en color como para blanco y negro, son pancromáticos. Sólo las emulsiones IR ya citadas presentan una sensibilidad espectral diferente.

Por lo que respecta a los materiales de copia, lo normal es que los materiales para blanco y negro sean ortocromáticos, de modo que puedan manipularse con una tenue luz amarilla-naranja o roja. Los materiales para copia en color son siempre pancromáticos. Estos materiales suelen ser algo menos sensibles a las longitudes de onda verdes, por lo que en ocasiones se emplea una luz muy tenue de este color para manipularlos sin provocar velo.

Ver Figura 3.2. en el Cd-rom: "Sensibilidad de los distintos materiales fotográficos de copia (blanco y negro, y color), junto con la curva de transmisión del filtro de seguridad propuesto para cada uno de ellos·"

3.4. Estructura Física de los Materiales Sensibles Actuales

A la hora de describir los modernos materiales sensibles, lo normal es comenzar por distinguir entre materiales de cámara y materiales de copia. Ya hemos visto que su sensibilidad espectral suele ser diferente según estén diseñados para ser introducidos en una cámara o bien para ser expuestos bajo la ampliadora, en el laboratorio fotográfico.

a. Material de Cámara en Blanco y Negro

Por lo que respecta a su soporte, los materiales de cámara actuales presentan una base de triacetato de celulosa o bien de poliéster. Aquí puede verse la estructura típica de los materiales de cámara fotográficos modernos:

Ver Figura 3.3. en el Cd-rom: "Corte transversal del material de cámara moderno de blanco y negro"

La capa superior antiabrasión está formada por gelatina, al igual que la capa antihalo. La función de esta última es –como su nombre indica– evitar la formación de *halo* en las altas luces de la imagen. Algunos materiales de cámara incorporan un tinte antihalo en el soporte, por lo que carecen de dicha capa adicional.

b. Material de Cámara en Color

Los materiales sensibles en color presentan ciertas diferencias respecto a los de blanco y negro. Veamos la estructura de los más comunes, los llamados *materiales cromógenos*:

Ver Figura 3.4. en el Cd-rom: "Corte transversal del material de cámara de color (película cromógena)"

Como puede observar, los materiales convencionales en color incorporan 3 capas sensibles. Todas ellas están formadas por haluros de plata y gelatina, pero a diferencia de las emulsiones en blanco y negro –que, como vimos, suelen ser pancromáticas– , aquí cada emulsión es sensible tan sólo a una parte del espectro. Un filtro amarillo, situado entre la primera y la segunda emulsión, impide el paso de longitudes de onda azules a las emulsiones situadas más abajo. De este modo, las capas inferiores se comportan en la práctica como si sólo fueran sensibles al verde y al rojo, respectivamente.

Ver Animación 3.5. en el Cd-rom: "Animación que muestra qué radiaciones llegan a cada capa de película y qué efecto provocan"

Durante el procesado, cada una de estas capas dará origen a una serie de tintes de colores. El resultado será opuesto si se trata de película negativa o diapositiva, pero es importante recordar que, en origen, todas estas emulsiones son básicamente similares a las de los materiales en blanco y negro; es decir, están compuestas por plata, no por sustancias coloreadas. Es durante el procesado cuando la plata es eliminada y sustituida por tintes de colores[2].

c. Material de Copia en Blanco y Negro

Los materiales de copia presentan una base de papel, en ocasiones recubierta por una capa plástica de polietileno (pigmentado con dióxido de titanio), que la aísla del exterior.

Ver Figura 3.6. en el Cd-rom: "Corte transversal del material de copia en blanco y negro (papeles RC y baritados)"

Como puede verse, los materiales de copia cuya base no está plastificada incluyen una capa adicional de sulfato de bario entre el papel y la emulsión. Esta capa (conocida como *capa de barita*) tiene dos funciones básicas:

- maximizar el contraste reproducible (el sulfato de bario es muy reflectante, por lo que permite reproducir las altas luces más claras como blanco puro)
- separar la emulsión de la base de papel, de modo que aquélla no se vea afectada por posibles impurezas químicas de ésta.

Los papeles RC –también conocidos como *papeles plásticos*– no precisan de esta capa, ya que su base de papel va totalmente aislada del exterior. En estos papeles, la maximización del contraste se logra mediante la pigmentación del polietileno con dióxido de titanio, sustancia altamente reflectante. Frente a los baritados, los papeles RC presentan un menor tiempo de procesado, debido precisamente a la impermeabilización de su base, que acorta especialmente la tarea del lavado.

Tal vez por llevar mucho más tiempo en el mercado, los papeles baritados fueron siempre mejor considerados que los papeles plásticos. En consecuencia, el mercado de arte fotográfico mueve casi exclusivamente este tipo de materiales, quedando los papeles plásticos abocados a aquellas situaciones en que la rapidez de procesado es vital (prensa, pruebas de copiado, etcétera).

Con el paso del tiempo, las primeras generaciones de papeles RC han experimentado ciertos problemas de estabilidad, degradándose rápidamente en muchos casos. Sin embargo, dicho problema parece haberse resuelto en las más recientes generaciones y en general se puede afirmar que hoy en día no existen grandes diferencias de estabilidad entre papeles plásticos y baritados.

i. Papeles de Contraste Fijo y de Contraste Variable

Los materiales de copia se fabrican en distintas gradaciones tonales, de modo que puedan adecuarse a la naturaleza de cada negativo. Por ejemplo, un negativo muy contrastado, en el que sólo hay detalles en las altas luces y en las sombras, puede requerir de un papel de contraste bajo, que comprima su escala tonal. Por el contrario, un sujeto con numerosos medios tonos y fotografiado con una iluminación homogénea, requerirá muy probablemente ser copiado en un papel de contraste elevado. De este modo, la escala tonal se estirará, mostrando un mayor contraste.

En las últimas décadas, han aparecido los llamados *papeles de contraste variable* o papeles *multigrado*. Se trata de materiales de copia en blanco y negro que permiten modificar la gradación tonal sin cambiar de papel. Estos papeles –que se fabrican tanto baritados como RC– presentan no una, sino dos emulsiones sensibles superpuestas. Estas emulsiones son sensibles a distintos colores y presentan asimismo un contraste diferente en cada una de ellas, por lo que al variar el color de la luz a la que se les somete, su respuesta varía en términos de contraste. Estos materiales permiten obtener copias aceptables de todo tipo de originales, sin necesidad de cambiar de tipo de papel para copiar originales de distinta escala tonal.

d. Material de Copia en Color

Por lo que respecta a los materiales de copia en color, éstos pueden ser de dos grandes tipos. Los llamados materiales *cromógenos* presentan una estructura similar a la de los materiales de cámara que acabamos de analizar. Su única diferencia estriba, una vez más, en la base o soporte de la emulsión, generalmente papel RC, pero en ocasiones también poliéster, que añade una mayor estabilidad al producto final.

Ver Figura 3.7. en el Cd-rom: "Corte transversal del material de copia en color (cromógeno y *Cibachrome*®)"

Existen materiales de copia en color cuya estructura es diferente. Se trata de los materiales *silver-dye-bleach*, cuyo exponente más conocido es el *Cibachrome*® [en la actualidad, su nombre es *Ilfochrome Classic*®]. Estos materiales incorporan, junto a las tres emulsiones sensibles, tres capas de tintes coloreados, que durante el procesado son alteradas de modo que reproduzcan aproximadamente los colores de la realidad.

3.5. Formatos de Material Sensible

También los formatos del material sensible han evolucionado para adaptarse a las necesidades y exigencias de los fotógrafos en cada momento histórico. Hoy en día existen dos formas básicas en las que puede encontrarse el material de toma: en hojas sueltas o bien en rollo. Lógicamente, no es posible encontrar todos los productos en todos los formatos. De hecho, el mayor problema al optar por ciertos formatos de cámara se deriva de la limitada gama de materiales sensibles disponibles para ellos.

Por lo que respecta al material de copia, también puede encontrarse en cualquiera de estas dos presentaciones básicas. Lo normal, pese a todo, es el empleo de hojas sueltas, quedando el material en rollo estrictamente abocado a un uso industrial.

También es posible encontrar emulsión fotográfica en estado líquido, para su aplicación sobre distintos soportes, como piedra, papel, etcétera. Esta emulsión líquida se emplea como material de copia en blanco y negro, y su sensibilidad espectral es asimismo ortocromática.

Ver Figura 3.8. en el Cd-rom: "Ejemplo de imagen en emulsión líquida"

Por último, el material sensible de procesado instantáneo [conocido vulgarmente como *polaroid*, por ser esta empresa quien lo lanzó al mercado a mediados del siglo XX] se comercializa en hojas sueltas o bien en cartuchos que incluyen varias de éstas, pero nunca en rollo.

a. Película en Hojas

Permite la exposición y procesado individual de las imágenes, por lo que es adecuado cuando sólo se desee obtener una o muy pocas imágenes. Las primeras emulsiones para toma fotográfica eran de este tipo, si bien su soporte no era plástico, sino papel de dibujo. Posteriormente, las placas de vidrio sustituyeron al papel y hoy en día, como ya se dijo, se emplea indistintamente triacetato de celulosa o poliéster.

Los tamaños más comunes en que pueden encontrase actualmente las hojas de película son 9x12cm, 4x5 pulgadas, 13x18cm, 5x7 pulgadas, 20x25cm y 8x10 pulgadas. Se trata en todo caso de grandes formatos que permiten ampliar posteriormente a gran tamaño los negativos y diapositivas obtenidos sin perder por ello una gran resolución de los pequeños detalles.

b. Película en Rollo

Introducida por Eastman Kodak® en 1.883, la película en rollo empleó en un principio un soporte de papel, pero al cabo de un par de años éste fue sustituido por un material plástico, el nitrato de celulosa. Hoy, el soporte es el mismo que el de las placas de película: triacetato de celulosa o poliéster, dependiendo del tipo de emulsión y fabricante.

La película en rollo permite la exposición de varios fotogramas de modo consecutivo en la misma cámara, sin tener que recargarla cada vez que tomo una fotografía. Esto facilita la movilidad del fotógrafo, que puede captar muchas imágenes en poco tiempo y procesarlas posteriormente de forma conjunta.

En la actualidad existen varios formatos de película en rollo, los más comunes son los siguientes:

i. Formato 135 (*paso universal*)

Ver Figura 3.9. en el Cd-rom: "Ejemplos de formato 135 (normal, panorámico y medio formato)"

Denominado a menudo *formato 35mm*, se trata del más usado en los últimos cincuenta años. Consiste en rollos de longitud variable (12, 24 o 36 exposiciones) de fotogramas cuyas dimensiones son generalmente 24x36mm, aunque en algunos modelos el tamaño del fotograma puede ser doble (24x72mm) o mitad (24x18mm) de éste. También es posible encontrar este formato en latas de 30m, para ser cortado a discreción por el usuario. De este modo, el fotógrafo puede fabricarse sus propios rollos de película, con la longitud deseada en función de sus necesidades.

Ver Figura 3.10. en el Cd-rom: "Ejemplos de chasis y lata de 30m de película de formato 135"

La película va dentro de un cassette metálico o de plástico. Tras la exposición, la película es devuelta a su cartucho para su posterior procesado.

ii. Formato APS (Advanced Photo System)

Ver Figura 3.11. en el Cd-rom: "símbolo *APS*"

Es el más reciente en el mercado, pues apareció en 1.996 al amparo de un consorcio formado por cinco de las empresas fabricantes de material fotográfico más importantes del planeta. En realidad, el APS se concibió como algo más que un formato de película. Con él se pretendía crear un sistema fotográfico completo, totalmente automatizado, que compitiera con el popular formato 135 en el sector de la fotografía *de aficionado*. Las dimensiones del fotograma APS son variables, siendo 30x17mm la mayor de ellas. Esta disminución en el tamaño de la imagen respecto al formato 135 no se ve acompañada de una pérdida significativa de nitidez, debido principalmente al empleo de nuevas emulsiones fotosensibles –de grano más fino– y al uso de un nuevo material –naftalato de polietileno– como soporte de la emulsión. Este soporte es de menor espesor que el empleado en los demás formatos de película, pero de similar resistencia.

Junto a la imagen, el sistema APS graba información adicional sobre la toma, como la fecha, abertura y tiempo de exposición empleados, etcétera. Estos datos quedan memorizados en una banda magnética inserta en la película, de modo que puedan ser interpretados convenientemente por el laboratorio durante el procesado. Una vez revelada, la película se entrega al usuario enrollada dentro del chasis original, para protegerla de agentes externos. Junto a ella, se entrega una *copia índice* en la que aparecen positivos a tamaño reducido de todos los negativos que figuran en el interior del chasis.

El sistema APS permite el copiado automatizado en tres formatos diferentes:

1. Formato Normal (copias en papel fotográfico de 15'2 x 10cm)
2. Formato HDTV (ídem de 17'8 x 10cm)
3. Formato Panorámico (ídem de 25'4 x 10cm)

El constante desarrollo de la fotografía digital ha supuesto un duro revés para los intereses de las firmas que lanzaron el APS, pues cada día tienden a recortarse las diferencias en precio y prestaciones de ambos sistemas fotográficos. Ni siquiera los fabricantes apuestan decididamente por el APS, y son muy pocas las emulsiones que actualmente se comercializan en dicho formato. Los aficionados que hoy buscan un medio simplificado de obtener fotografías de un tamaño no demasiado grande parecen decantarse cada vez más por la fotografía digital, en detrimento del APS.

En resumen,

> Se trata de un formato que puede resultar interesante a aquellos aficionados que trabajen exclusivamente con material negativo en color y no piensen llevar a cabo grandes tamaños de ampliación. Para ellos, la mayor simplicidad y el menor peso y tamaño de los equipos de formato APS pueden resultar atractivos. Sin embargo, todos aquellos que piensen emplear distintos tipos de películas (blanco y negro, diapositivas, película IR) o bien realicen copias de mayor tamaño, se verán altamente constreñidos si deciden invertir en este formato. Para ellos, la solución es el formato 135 o incluso alguno mayor.

iii. Formatos 120 y 220 (*formato medio*)

Los formatos 120 y 220 son formatos *hermanos*, en tanto que su diferencia más relevante es la longitud total de sus rollos (siendo doble la del 220 que la del 120). Ninguno de ambos formatos de película se aloja en chasis alguno, sino que van enrollados en un papel que protege a la emulsión de la luz cuando se encuentra fuera de la cámara.

Ambos formatos ofrecen fotogramas de dimensiones variables, si bien –al igual que ocurriera con el formato 135– todos tienen en común una de ellas (la vertical respecto al eje longitudinal del rollo).

Ver Figura 3.12. en el Cd-rom: "Ejemplos de distintos fotogramas de formato 120 – 220 (6x4'5cm, 6x6, 6x7, etcétera), junto con un rollo, a tamaño real, enrollado y parcialmente desenrollado"

Los tamaños más comunes de fotograma en estos formatos son 6x4'5cm, 6x6cm y 6x7cm, pero existen también cámaras que captan imágenes de 6x8cm, 6x9cm, 6x12cm y hasta 6x17cm. Lógicamente, a mayor tamaño del fotograma, menor es el número de imágenes obtenidas en un rollo de película. Como ejemplo, en un rollo de formato 120 pueden obtenerse 12 imágenes de 6x6cm y en uno de formato 220, 24 imágenes.

La mayor ventaja de estos formatos frente a otros menores estriba en la posibilidad de realizar copias a mayor tamaño sin pérdida de detalle. Esto es lógico, pues al ser más grande el original obtenido en la cámara, el grado de ampliación necesario será considerablemente menor.

3.6. Características de una Emulsión Sensible

Todas las emulsiones fotográficas –tanto las de toma en cámara como las diseñadas para copia en el laboratorio– presentan una serie de características comunes. Alguna de ellas ya ha sido descrita más arriba. Veamos a continuación el resto.

a. Sensibilidad o Rapidez

La *rapidez* o sensibilidad [no confundir con *sensibilidad espectral* o sensibilidad a los colores, que ya se trató en un punto anterior de este mismo es una de las características intrínsecas de toda emulsión. Por rapidez se entiende la capacidad de la emulsión para reaccionar ante un estímulo lumínico. Es decir, que cuanto más rápida o sensible es una emulsión, menos cantidad de luz precisa para formar una imagen. Pese a lo que podría parecer, este valor no es fijo, en la práctica puede lograrse que una misma emulsión se comporte como si tuviera una mayor o menor sensibilidad que la prefijada por el fabricante.

i. Sensibilidad Nominal y Sensibilidad Efectiva

Llamamos Sensibilidad *Nominal* a la que el fabricante asigna a sus emulsiones. Su valor suele formar parte del nombre comercial de la emulsión (hay excepciones).

Ej.

- : Fujichrome Provia® 100F ; Sensibilidad Nominal (SN) = 100 ASA
- Agfapan APX® 100 ; Sensibilidad Nominal (SN) = 100 ASA
- Kodak Portra® 160T; Sensibilidad Nominal (SN) = 160 ASA

Ver Figura 3.13. en el Cd-rom: "Ejemplos de chasis y cajas de película que muestren su SN"

La escala de sensibilidades ASA es una escala geométrica en la que un valor doble supone una sensibilidad doble, etc. Existe otra escala de sensibilidades, la escala DIN, que es aritmética. En ella, la sensibilidad es doble cuando el valor aumenta en 3 unidades. A lo largo de la historia han existido otras muchas escalas de sensibilidad, pero todas ellas han ido desestimándose con el tiempo. Hoy en día se emplean tanto la escala ASA como la DIN, o bien la escala ISO, que reúne en un mismo cuerpo ASA y DIN.

DIN	6	7	8	9	10	11	12	15	18	*21*	24	27	30	...
ASA	3	4	5	6	8	10	12	25	50	*100*	200	400	800	...

Ej. : 100 ASA = 21 DIN = 100/21 ISO

La Sensibilidad *Efectiva* es la sensibilidad real con que se comporta una emulsión ante un determinado procesado. Efectivamente, cada variable actuante en el revelado (revelador empleado, tiempo, dilución, temperatura, agitación) influye de manera relevante en la rapidez con que reaccionará la emulsión frente a la luz.

En fotografía en color, el procesado se realiza de modo estandarizado: existe un proceso para revelar las diapositivas en color (llamado *E-6*) y otro para los negativos en color (conocido como proceso *C-41*).

Ver Figura 3.14. en el Cd-rom: Ejemplos de chasis y cajas de película en color que muestren el tipo de procesado

Pero a la hora de procesar material fotográfico en blanco y negro, es posible emplear diferentes sustancias reveladoras, con resultados también diferentes.

Ver Figura 3.15. en el Cd-rom: "Ejemplos de negativos de blanco y negro que muestren subrrevelado y revelado normal. NOTA: Esta ilustración podría aparecer conectada a los temas IV.Exposición y VIII.Procesado, de modo que se mostraran juntas todas las posibles variables de exposición y revelado, con una explicación que apareciese al pinchar en cada una de ellas. La ilustración podría ser doble si incluyera ejemplos de materiales en color (o triple, si incluye además ejemplos de negativos en color)"

Ejemplo:

Si exponemos la película a su Sensibilidad Nominal y para procesarla empleamos un revelador poco enérgico y muy diluido durante un corto espacio de tiempo, las imágenes resultantes apenas registrarán detalle en las sombras. Para evitar esto, debería haberse expuesto más cada fotograma, es decir, debería haberse asignado a la emulsión una sensibilidad menor que la que dicta el fabricante

Esta distinta rapidez asignada a la emulsión sería su *Sensibilidad Efectiva* para esa forma concreta de procesado. También se le denomina *Indice de Exposición (IE)*, y existen varios métodos para establecer su valor. El más simple de ellos consiste en realizar pruebas de exposición de un mismo sujeto a diferentes valores de sensibilidad, para posteriormente seleccionar como IE aquél de entre ellos que ofrezca mayor consistencia en los resultados.

ii. Código DX

Como muy bien sabían las empresas que lanzaron al mercado el formato APS, los errores más comunes en el proceso fotográfico surgen en el momento de cargar el carrete de película en la cámara y a la hora de asignar la sensibilidad efectiva a la que trabajaremos.

Para solucionar el primer problema, los fabricantes tienden a simplificar cada vez más la carga del chasis, de forma que el procedimiento no requiera del usuario ningún tipo de habilidad manual (las cámaras APS no precisan ni tan siquiera del enhebrado de la película: ésta sólo sale del chasis en el interior de la cámara o bien durante el procesado).

Para resolver los errores en la asignación de la rapidez a la película, se creó ya hace un par de décadas el llamado *código DX*. Se trata de un sistema de código de barras (o mejor, código de *cuadrados*) incorporado en los chasis de película, que son correctamente descifrados por un lector situado en el interior de la cámara. Es este lector quien suministra al exposímetro los datos referentes a la sensibilidad de la película en cuestión, de modo que la exposición se calcule para dichos parámetros.

Ver Figura 3.16. en el Cd-rom: "Ejemplo de chasis con código DX y de lector del código en una cámara, así como una lista con las equivalencias en sensibilidad de cada código"

Aunque puede resultar cómodo olvidarse de tener que ajustar la sensibilidad en la cámara cada vez que cambiamos de emulsión, es conveniente (en ocasiones, indispensable) que nuestra cámara nos ofrezca la posibilidad de alterar manualmente la sensibilidad nominal propuesta por el fabricante (pues, lógicamente, es ésta la que aparece inscrita en el código de cada chasis de película).

b. Latitud de Exposición

A menudo es posible obtener imágenes aceptablemente expuestas de una misma escena empleando distintos niveles de exposición. Llamamos *latitud de exposición* al margen de maniobra disponible a la hora de exponer un material sensible determinado.

Por lo general, los materiales de cámara negativos –tanto en color como en blanco y negro– presentan una mayor latitud de exposición que las diapositivas. Ello se debe a la posibilidad de realizar correcciones durante el copiado. También las diapositivas pueden copiarse sobre papel, pero al estar originalmente diseñadas para su proyección, cualquier manipulación posterior provoca una pérdida en la calidad de la imagen.

Ver Figura 3.17. en el Cd-rom: "Ejemplo de tiras de 5 negativos en blanco y negro, 5 negativos en color y 5 diapositivas que muestran distintos niveles de exposición en cada fotograma, con indicación de cuáles de ellos permiten obtener copias aceptables (o, mejor aún, que pinchándoles muestren las copias positivas obtenidas a partir de cada uno de ellos; las diapositivas, simplemente, se verían ampliadas al mismo tamaño que las copias de los negativos)"

c. Grano y Turbidez

Como sabemos, los materiales sensibles, en origen, presentan una estructura de granos de plata. En principio, lo normal es que cuanto mayor sea la sensibilidad de una emulsión, el tamaño y cantidad de granos de plata presentes en ella sea mayor. Por lo tanto, una emulsión más sensible mostrará una mayor granularidad que otra de menor sensibilidad.

Ver Figura 3.18. en el Cd-rom: "Ejemplo de negativos en blanco y negro que muestran distintos niveles de granularidad"

Sólo ciertas emulsiones de última generación no cumplen estos principios, pues su estructura de grano hueco les permite aumentar su sensibilidad sin aumentar la cantidad de plata, y con ello, su granularidad.

Ver Figura 3.19. en el Cd-rom: "Ejemplo de negativos o diapositivas que muestran distintos niveles de granularidad"

Los materiales cromógenos sustituyen la plata durante el procesado por *nubes de colorante*. Al referirnos a ellos no podemos, por tanto, hablar estrictamente de *grano*. Sin embargo, estas nubes de colorante se comportan de modo similar a la plata, es decir, su estructura interna se hace más evidente a medida que aumenta la sensibilidad de la película. El concepto aplicable aquí no es el de granularidad, sino el más amplio de *turbidez* o "capacidad de la emulsión para difundir la luz durante la exposición". Este problema afecta a todos los materiales, pues no sólo depende del tamaño del grano de plata, sino de otros factores, tales como la proporción de haluro de plata en la gelatina, la opacidad de la emulsión e incluso el grosor y opacidad de la base sobre la que aquélla descansa.

Ver Figura 3.20. en el Cd-rom: "Ejemplo de *Jacobson*"

El dibujo muestra de manera ampliada la formación de la imagen fotográfica de un pequeño punto o disco de luz. Puede apreciarse cómo la imagen fotográfica es mayor que la del punto original, debido a la irradiación o dispersión de ciertos rayos de luz a zonas más o menos próximas que en principio no deberían haber sido expuestas.

Existen ciertos factores que pueden amplificar la turbidez de una emulsión. Un mal procesado (por exceso) o una mala conservación de la película (exposición a cambios bruscos de temperatura y humedad, por ejemplo) pueden provocar que el tamaño del grano de plata aumente o bien que la estructura de la gelatina se vea afectada, reduciendo con ello la nitidez de las imágenes. Por otro lado, es posible lograr adrede un efecto de mayor granularidad mediante el empleo de ciertas sustancias reveladoras. Finalmente, y como es lógico deducir, cuanto mayor sea el grado de ampliación del original, con mayor claridad se apreciará la estructura granular de la emulsión.

Ver Figura 3.21. en el Cd-rom: "Ejemplo de imagen ampliada a distintas escalas (x1, x8 y x40) que muestra distintos niveles de granularidad"

d. Nitidez, Resolución, Acutancia

Cuando hablamos de *calidad* o *definición* de la imagen, en realidad estamos empleando un concepto vago, subjetivo, que suele englobar cierto número de características, estas sí perfectamente medibles y cuantificables.

Por "imagen nítida" entendemos aquélla que muestra una buena reproducción de todos los detalles que la componen, especialmente de los más finos. Para lograr nitidez es preciso controlar satisfactoriamente todas las variables que operan en la formación de la imagen, desde el objetivo de toma, pasando por el material sensible que colocamos en la cámara, el procesado de éste, el objetivo de ampliación (o proyección, si hemos tomado una diapositiva para proyectarla sobre una pantalla), el material de copia (si decidimos ampliar el original obtenido en la cámara) y el procesado de dicho material de copia.

Son muchos y diferentes, pues, los factores que influyen en la génesis de una imagen. Y en muchas ocasiones, los conceptos que hacen referencia a la calidad de las imágenes se emplean de modo impropio, pues se aplican indistintamente a momentos del proceso a los que no les corresponden.

Ejemplo:

El *poder de resolución* hace referencia a la capacidad del material fotográfico para reproducir el detalle. Por lo tanto, involucra tanto al equipo de toma (objetivo) como al material empleado para ello (película). Se mide en pares de líneas por milímetro.

La *acutancia* es, literalmente, la capacidad de una emulsión para mostrar con detalle nítido el contraste local en aquellas zonas de la imagen que representan los bordes de los distintos objetos. Si su acutancia es elevada, una imagen puede "disimular" una estructura de grano grueso y aparecer nítida a nuestros ojos.

Las emulsiones delgadas (poco sensibles) presentan los mayores niveles de acutancia. Asimismo, esta característica puede mejorarse si hacemos que el revelador inactivo en las zonas no expuestas actúe sobre zonas expuestas adyacentes[3].

Los factores que afectan de modo negativo al nivel de acutancia son el empleo de un objetivo mal diseñado o desenfocado, así como la sobreexposición y el sobrerrevelado de la imagen.

e. Contraste

Por contraste entendemos la gradación tonal ofrecida por una emulsión sensible. Como ya vimos, las distintas emulsiones fotográficas pueden presentar diferente contraste. Llamamos emulsiones de contraste elevado o *duras* a aquellas capaces de reproducir correctamente en una misma imagen sujetos que presentan niveles muy dispares de reflectancia. Por su parte, denominamos materiales de contraste bajo o *suave* a aquellos capaces de distinguir los numerosos matices de claroscuro presentes en escenas planas y sin sombras.

Por lo general, cuanto mayor es la rapidez de una emulsión, menor es su contraste. En principio, esto se explica por el distinto tamaño de sus granos de plata. Una emulsión de baja sensibilidad presentará granos de plata de tamaño reducido y similar en todos ellos. Al recibir luz, todos ellos reaccionarán al unísono, por lo que el contraste obtenido será elevado (en un caso hipotético perfecto, "o blanco, o negro", según que la exposición a la luz sea o no suficiente para afectar a la plata).

Por su parte, una emulsión más rápida presentará todo tipo de tamaños en sus granos de plata, haciendo posible que éstos reaccionen a la luz de modo más escalonado, y facilitando con ello la reproducción fiel de los tonos intermedios.

De igual modo que ocurriera con la granularidad, es posible alterar el contraste de una emulsión durante el procesado: el aumento en el nivel del procesado (*sobrerrevelado*) o bien el empleo de ciertas sustancias reveladoras implica inevitablemente un aumento en el contraste de la imagen.

Por último, existen ciertos materiales de blanco y negro concebidos específicamente para ofrecer un contraste anormalmente elevado (sólo blancos y negros). Son las llamadas películas lith o *de línea*. Estas emulsiones suelen revelarse con productos específicamente diseñados para elevar al máximo su contraste.

f. Saturación

Se trata de una característica que atañe tan sólo a los materiales sensibles en color. La saturación hace referencia al grado de pureza de un color. Como sabemos, las emulsiones fotográficas reproducen el color de la realidad a partir de la formación de ciertos tintes durante su procesado. Cada fabricante introduce en cada uno de sus productos una mezcla de tintes determinada, tratando con ello de aproximarse a la reproducción ideal del color. Pero esto no resulta posible, habida cuenta de que ni siquiera dos personas ven una misma cosa del mismo modo. Los fabricantes disponen en sus catálogos de productos cuya reproducción del color no es siempre la misma. De este modo, al fotografiar un objeto se puede optar por una u otra película, según deseemos una sensación de mayor o menor saturación de los colores.

Ver Figura 3.22. en el Cd-rom: "Ejemplo de dos imágenes del mismo sujeto, tomadas con 2 películas de diferente saturación"

Sea cual sea la película empleada, siempre es posible aumentar la saturación de una imagen con ayuda de filtros polarizadores.

Ejercicios Prácticos Propuestos

a. Observa las siguientes imágenes. Una de ellas ha sido realizada con una película de 25 ASA y la otra con una película de 21 DIN. Identifícalas y razona tu respuesta.

Ver Figura 3.23. en el Cd-rom: "Ejemplo de dos imágenes del mismo sujeto, tomadas con 2 películas de diferente sensibilidad"

b. ¿Cuál de estas imágenes presenta un contraste más elevado? Razona tu respuesta.

Ver Figura 3.24. en el Cd-rom: "Ejemplo de dos imágenes del mismo sujeto, tomadas con 2 películas de diferente contraste"

Bibliografía Específica sobre el Tema III:

INTERNET:

La naturaleza efímera de muchas de las páginas y foros de Internet hace que resulte ciertamente absurdo editar una bibliografía o directorio de lugares donde acudir en busca de información. Pese al riesgo que ello supone, nos atrevemos a sugerir los siguientes:

http://www.agfaphoto.com
http://www.fujifilm.com
http://www.ilford.com
http://www.kodak.com

La fuente más completa de información sobre un material sensible determinado la constituye, por motivos obvios, el propio fabricante. Los cuatro grandes fabricantes de material sensible [AGFA®, Fujifilm®, Ilford® y Kodak®] ofrecen gran cantidad de datos técnicos sobre sus películas y papeles fotográficos en sus respectivas páginas web. Además, suelen disponer de servicios "en línea" de información al usuario, de modo que cualquiera puede preguntar sobre el mejor modo de emplear tal o cual producto o sobre las características de tal otro.

http://lsoft.com
http://groups.yahoo.com
es.rec.fotografia

Por otro lado, existen numerosos foros de debate en Internet dedicados a la Fotografía en general y a campos específicos de ésta. En ellos, los participantes comentan, discuten y preguntan las dudas que sus iguales les plantean, al tiempo que se citan otros sitios web donde pueden observarse ejemplos de sus propios trabajos o de los de otros. Otra virtud de estos foros de debate es que suelen acumular en archivos de libre acceso todos aquellos mensajes generados a lo largo de la existencia del foro, de modo que no sea necesario volver constantemente a responder a cuestiones ya planteadas y resueltas en el pasado.

La tercera referencia es un foro de fotografía en castellano.

http://www.agfanet.com
rec.photo.digital

Por lo que respecta a fotografía digital, la primera de estas dos referencias es el sitio web que AGFA dedica exclusivamente a todo lo concerniente con este tipo de fotografía.

La segunda referencia es un foro de fotografía digital en inglés.

LIBROS:

ADAMS, Ansel:
El Negativo. Madrid, Omnicon, 2.000.

BABISTER, Steve:
Fotografía Digital. Barcelona, Cúpula, 2000.

DIEZ, Ricardo y SAJA, José Antonio de:
Conceptos Técnicos para Fotografía Artística. Madrid, Arte Fotográfico, 1981.

JACOBSON, Ralph E.:
Manual de Fotografía. Barcelona, Omega, 1981.

LOVELL, Ronald P. y otros:
Manual Completo de Fotografía. Madrid, Celeste, 1998.

MONTSERRAT, Lola, y otros:
La Fotografía Digital. Barcelona, RBA, 2001.

WILHELM, Henry y BROWER, Karen:
The Permanence and Care of Color Photographs: Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, Slides and Motion Pictures. Grinnell, Preservation Publishing Company, 1993

ARTÍCULOS:

DONNELLON, Ken:
Types of Color Prints: A Glossary. *Photo Techniques*, vol. 18, Número 5, septiembre/octubre 1997.

Apéndice I: Emulsiones Fotográficas: Tres Casos Especiales:

I.A. Kodachrome®

Ver Figura 3.25. en el Cd-rom: "Ejemplo de rollo de Kodachrome"

Se trata del primer procedimiento moderno de toma de imágenes positivas en color sobre un rollo de película plástica. Su diferencia fundamental con los llamados materiales cromógenos (los más extendidos en la actualidad) estriba en la mayor complejidad de su procesado. A cambio, el Kodachrome® ha ofrecido tradicionalmente una mejor reproducción del color y una mayor estabilidad de sus colorantes.

Precisamente a causa de lo complicado de su revelado, el Kodachrome® sólo puede ser revelado por aquellos (pocos) laboratorios licenciados por Kodak®. Esto ha contribuido –junto a la continua evolución de los materiales cromógenos– a reducir el uso del Kodachrome® a niveles casi anecdóticos, hasta el punto en que no resulta descabellado pensar en su salida del mercado en un futuro no muy lejano.

I.B. Material Cromógeno en Blanco y Negro

Ver Figura 3.26. en el Cd-rom: "Ejemplo de rollo de XP2 o de cualquier otro material cromógeno"

Existen ciertas emulsiones de blanco y negro en el mercado que incorporan la tecnología de los materiales de color Se trata de películas que se revelan por el proceso C-41 (el estándar para negativos en color). Los negativos resultantes carecen de plata. En su lugar, se forma un tinte que puede ser de

color verdoso ó pardo. La ausencia de plata en la imagen final favorece el aumento en su latitud de exposición. Por el contrario, y debido también a la ausencia de plata, su estabilidad no es la de los materiales de blanco y negro convencionales: es mucho menor, similar a la del material de color.

I.C. Material para Diapositivas en Blanco y Negro AGFA Scala®

Ver Figura 3.27. en el Cd-rom: "Ejemplo de rollo de Scala"

Desde hace muchos años, ha existido el interés por obtener imágenes positivas en blanco y negro sobre película transparente (esto es, diapositivas en blanco y negro), de modo que pudieran proyectarse ante audiencias numerosas. La aparición del material en color arrinconó este tipo de productos, considerados obsoletos. Algunos fabricantes (como Kodak® o Tetenal®) continúan ofreciendo productos de revelado especiales para procesar material convencional (negativo) de blanco y negro de modo que de él puedan obtenerse positivos directos. Hace muy pocos años AGFA lanzó al mercado un producto específico para obtener diapositivas en blanco y negro. Dicho material debe ser enviado a ciertos laboratorios recomendados por el fabricante, quien no ha hecho pública hasta la fecha la forma en que debe realizarse dicho procesado.

Lo único que se sabe de este interesante material es que, además de su elevado poder de resolución, presenta una altísima estabilidad, ya que su imagen final está formada por plata metálica.

Apéndice II: Emulsiones para Fotografía Instantánea

Ver Figura 3.28. en el Cd-rom: "Ejemplo de imagen y cartucho de película instantánea"

Introducción

Las emulsiones sensibles instantáneas (comúnmente llamadas "Polaroid", por ser éste fabricante su inventor) ofrecen una amplia gama de posibilidades de uso. Concebidas originalmente como material para aficionado, su empleo pasó rápidamente al mundo profesional, donde desde hace tiempo constituyen un valioso apoyo como "imagen de prueba".

El proceso *Polaroid Land* fue dado a conocer por el Dr. Edwin Land en 1.948. Se trataba del primer proceso fotográfico que permitía obtener imágenes de forma instantánea. En un primer momento, sólo era posible obtener imágenes en blanco y negro, y hasta 1.972 no se dispuso de material instantáneo en color. Desde entonces, la fotografía instantánea ha conocido diferentes aplicaciones, desde el campo de la fotografía amateur hasta distintos campos profesionales, como la fotografía de moda, publicitaria, procesal, documental, fotografía de carnets, etcétera. Se ha aplicado a los distintos formatos preexistentes (desde el formato 135 hasta las hojas de 30 x 40cm, y además ha impulsado el nacimiento de otros nuevos, estrictamente "instantáneos", como el 5'5 x 7'2cm ó el 7'5 x 9cm).

Procesado

El proceso suele ser denominado de *transferencia por difusión*, pues se basa en la obtención de imágenes negativas que son transferidas a un soporte positivo durante el mismo revelado del negativo. Este es en realidad un proceso monobaño de acción inmediata. Por lo tanto, la alcalinidad del revelador es muy elevada, más aún en las emulsiones más rápidas. La temperatura ambiente en el momento del revelado (que no tiene por qué coincidir con el de la toma) es asimismo esencial, tanto para calcular el tiempo de revelado como para calibrar con precisión la sensibilidad efectiva a la que se comporta la emulsión. Así, a mayor temperatura, el tiempo de revelado deberá ser menor y la sensibilidad efectiva de la emulsión podrá ser más elevada. Otra característica típica de este tipo de emulsiones es su

elevado contraste, notablemente superior al de las películas cromógenas de revelado estándar (tanto diapositivas como negativas). Esto se debe a la alta concentración de agentes reveladores, necesaria para reducir el tiempo de procesado al mínimo.

La estructura del material instantáneo suele estar formada por 3 elementos:

- Material sensible a base de haluros de plata y agentes reveladores en una emulsión de gelatina sobre película ó papel
- Material de copia positivo que suele ser papel recubierto de gelatina con átomos de plata ó de sulfuro de plata. La cantidad de plata es tan pequeña que este material parece blanco
- Una cápsula con un álcali fuerte –de tipo cáustico– y un disolvente de cloruro de plata, en forma viscosa.

Tras su exposición a la luz, el material negativo es enfrentado con el soporte donde se formará la imagen positiva, mientras unos rodillos rompen el alojamiento del álcali, que inicia la acción de los agentes reveladores incorporados al negativo. El elevado pH de la mezcla acelera el proceso, que puede concluir en segundos. Tras un breve proceso de inducción, el disolvente de la plata comienza a actuar en los haluros no expuestos, que rápidamente se solubilizan, pasando al soporte de copia, donde formarán las sombras de la imagen positiva. A las zonas de altas luces de la copia apenas llegará plata del negativo, por lo que podrá apreciarse el soporte más ó menos blanco.

Terminado el proceso, se separan los materiales positivo y negativo. Algunos materiales instantáneos requieren de algún tipo de laca protectora, acidificadora y de secado rápido. Este recubrimiento evita la rápida decoloración del positivo provocada por los restos de revelador aún presentes en su superficie.

Tradicionalmente, el negativo, inservible tras la obtención del positivo, es separado de éste y desechado. Sólo algunas emulsiones modernas en blanco y negro permiten la obtención de negativos recuperables, tras su fijado con carbonato sódico –para eliminar la protección antihalo– y posterior lavado. Los negativos en color desechables son a veces empleados para transferir los restos de imagen que en ellos puedan quedar sobre superficies previamente preparadas a tal efecto.

Apéndice III: Fotografía Digital: Dispositivos Captadores y Almacenadores

La fotografía digital ya no forma parte de la ciencia ficción. En la actualidad, constituye un importante y creciente sector del mercado fotográfico aficionado. Y en ciertos campos de la fotografía profesional (fundamentalmente en Prensa, pero también en aquéllos que requieren de la inmediatez de transmisión), la fotografía digital ha comenzado a sustituir de modo inexorable a la fotografía tradicional o analógica.

Pero ¿en qué consiste la fotografía digital? ¿Cuál es el modo en que se capta la imagen? ¿Existe procesado? ¿Qué ocurre con el almacenamiento de las imágenes? ¿Qué hay de su estabilidad a largo plazo?

Muchas son las cuestiones. Trataremos de responder a todas ellas a la vez que se resuelven similares dudas referentes a los materiales fotográficos convencionales.

En este capítulo hemos estudiado la naturaleza y propiedades de las emulsiones sensibles. Como sabemos, la película fotográfica es la encargada de captar y almacenar la información visual obtenida durante su exposición a la luz.

Dispositivos Captadores: CCD y CMOS

Por lo que respecta a la fotografía digital, las labores de captación y almacenamiento de la imagen son asignadas a dispositivos diferentes. La captación se realiza mediante un dispositivo fijo situado en el interior de la cámara. Es en este dispositivo donde se enfocan los rayos procedentes del sujeto. Existen dos clases de captadores digitales, llamados respectivamente *CCD* y *CMOS*. Ambos están compuestos por miles –a menudo, millones– de minúsculas células fotosensibles, capaces de traducir la radiación luminosa recibida en impulsos eléctricos de intensidad proporcional. Cada una de estas células recibe el nombre de *píxel*. Cuanto mayor sea su número, mayor será la información captada y más detalle se obtendrá en la imagen. Las cámaras digitales de gama alta disponen de captadores de varios millones de píxeles.

Ver Figura 3.29. en el Cd-rom: "Esquema de CCD"

Al no ser removibles, estos elementos captadores representan un dato comparativo de primer orden a la hora de estimar la calidad de reproducción que se obtendrá con una determinada cámara digital. Sin embargo, este factor no es el único a valorar a la hora de escoger un producto u otro. La nitidez de la imagen dependerá asimismo de la calidad óptica del objetivo empleado así como del tamaño y forma del píxel, y de la *calidad* de la información que dichos elementos sean capaces de captar. Algún fabricante de cámaras digitales asegura que sus CCD son comparables –por su capacidad para captar información– a otros de mayor número de píxeles...de otros fabricantes...

Dispositivos de Almacenamiento

Una vez captada la luz proveniente del sujeto, es transformada en impulsos eléctricos que a su vez son codificados de forma binaria. Estas largas cadenas de "ceros y unos" constituyen el corazón de una imagen digital y en cierto modo representan la forma más pura (esto es, sin referente alguno) de Fotografía...

La imagen así codificada debe ser almacenada y este punto es uno de los que más claramente distingue la fotografía digital de la analógica. El almacenamiento no se realiza en el captador, sino que la información debe transferirse a otro dispositivo para ser conservada. Las primeras cámaras digitales recurrían a dispositivos de memoria interna que, una vez llenos, debían descargarse en algún dispositivo de memoria externo a la cámara (por ejemplo, el disco duro de un ordenador). Aunque aún existen cámaras de este tipo en el mercado, lo normal hoy en día es emplear algún tipo de tarjeta de memoria intercambiable, que pueda sustituirse una vez llena por otra similar. Esto permite al fotógrafo una mayor libertad de movimientos. En

todo caso, una diferencia fundamental entre las cámaras tradicionales y las digitales está en la posibilidad de reescribir sobre un dispositivo de memoria tantas veces como uno quiera (o al menos, varios cientos de miles de veces, según los fabricantes de este tipo de productos).

Existen muchos tipos de memoria externa para fotografía digital. Algunos son los mismos que se emplean para guardar datos informáticos convencionales (Cds, diskettes de 3,5''...). Junto a ellos han aparecido nuevos dispositivos que, si bien pueden emplearse para guardar todo tipo de archivos informáticos, están especialmente orientados al mundo de la fotografía digital. Los más comunes son las tarjetas *SmartMedia*® y las *CompactFlash*®, pero hay otros como el *Hardisk*® de IBM® o las *Memory Stick*® de Sony®.

Ver Figura 3.30. en el Cd-rom: "Ejemplos de tarjetas de almacenamiento de imágenes digitales de distintos tipos"

Lo normal es que cada modelo de cámara emplee uno de estos tipos de almacenamiento, si bien algunos modelos de gama alta permiten el empleo de 2 y hasta 3 tipos diferentes, lo que permite elevar la autonomía de disparo a cotas insospechadas.

Formatos de Almacenamiento

Las imágenes fotográficas se almacenan en diferentes formatos de archivo. En esto, las cámaras digitales no han hecho más que adoptar los estándares del mundo informático.

Existen muchos formatos de imagen digital, cada uno con sus peculiaridades, pero casi todos ellos suelen usar algún tipo de compresión de la información, de modo que el tamaño del archivo se reduzca a niveles manejables. La compresión puede llevar implícita o no cierta pérdida de información. Los formatos de imagen digital más comunes son, entre los de compresión con pérdida de información, el *JPEG* ("Joint Photographic Expert Group"); y entre los de compresión sin pérdida, el *TIFF* ("Tagged Image Format File").

Algunas cámaras digitales profesionales permiten emplear el llamado formato *RAW* (o "crudo", que ése es su significado en inglés), que almacena toda la información que llega al captador sin ningún tipo de refinado previo.

Las cámaras digitales permiten grabar imágenes con distintos formatos en la misma tarjeta de memoria. Asimismo, es posible seleccionar diferentes niveles de compresión para cada formato, de modo que a mayor compresión, más imágenes (de peor calidad) cabrán en el mismo espacio de memoria.

Escáneres

Los escáneres operan de modo similar a las cámaras digitales. Un escáner es un aparato que obtiene imágenes digitales de objetos planos. Su elemento captador suele ser un CCD de tipo *lineal*, lo que significa que la digitalización de la imagen se realiza de forma secuencial (no instantánea). El CCD va "leyendo" la imagen poco a poco, línea a línea. Cuanto mayor es la carga informativa que se pretende obtener del original, más lento es el movimiento del CCD y en consecuencia, mayor el tiempo de escaneado.

Ver Figura 3.31. en el Cd-rom: "Ejemplos de escáneres de distintos tipos (planos, de diapositivas y de tambor)"

Los más comunes son los llamados escáneres planos o "de cama plana" (traducción cuasi literal del inglés, "flatbed scanner"). También existen escáneres especialmente diseñados para digitalizar material fotográfico de soporte transparente (diapositivas y negativos). Los llamados escáneres *de tambor* son distintos en cuanto que suelen llevar un captador más sensible (llamado tubo fotomultiplicador o *PMT*). Estos aparatos ofrecen las mejores prestaciones a la hora de digitalizar una imagen, pero su elevadísimo precio hace que sólo se empleen para generar impresiones de alta calidad (profesionales).

El funcionamiento de un escáner no es muy distinto al de una fotocopiadora. El original se introduce o prepara para su escaneado. Se selecciona el nivel de información que se pretende obtener de él, que generalmente se mide en *ppi* o *píxeles por pulgada*, es decir, cantidad de puntos de información por medida de superficie. A continuación, el escáner efectúa una lectura previa de la densidad y reflectancia o transmitancia del original (según se trate de un opaco o de una transparencia). Tras esto, el escáner comienza a emitir sobre el original un barrido de luz secuencial, que puede durar más o menos tiempo según el nivel de información pretendido. El dispositivo captador (CCD lineal o PMT) va enviando la información a una memoria intermedia situada en el mismo escáner y de allí pasa al dispositivo de memoria previamente seleccionado por el operario, generalmente el disco duro del ordenador desde el que se dirige todo el proceso.

Respaldos Digitales

Algunas cámaras profesionales de respaldos intercambiables permiten el empleo de respaldos digitales en lugar de los convencionales.

Ver Figura 3.32. en el Cd-rom: "Ejemplo de respaldo digital para cámara profesional"

Estos respaldos suelen llevar un captador CCD convencional, si bien en algunos casos emplean un CCD lineal, similar al de un escáner. Estos respaldos "barren" la imagen en lugar de captarla en un único instante, lo que los hace inadecuados para la fotografía de calle. Sin embargo, son muy útiles en fotografía de bodegones. Su elevada resolución los hace especialmente adecuados para realizar trabajos profesionales de todo tipo, siempre que no haya que salir del estudio.

IV. La Exposición

4.1. Ley del Cuadrado Inverso

La cantidad de luz que incide sobre una superficie depende de la distancia que la separa de la fuente de luz que la ilumina. Si la fuente de luz es puntual, se dice que la iluminación de la superficie es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa a ambas.

Ver Figura 4.1. en el Cd-rom: "Esquema de la ley del Cuadrado Inverso"

Esta ley se conoce como la *ley de la inversa de los cuadrados* o *ley del cuadrado inverso*. Su aplicación en Fotografía es elemental. Por ejemplo, si a la hora de fotografiar un objeto necesitamos añadir luz sobre éste, bastará con reducir a la mitad la distancia del foco de luz que lo ilumina para conseguir que reciba 4 veces más luz que en un principio.

Ver Animación 4.2. en el Cd-rom: "Sujeto poco iluminado y con 4 veces más luz. Los esquemas muestran la variación en la posición de la fuente de luz, que se ha acercado a la mitad de la distancia original"

4.2. Exposiciones Equivalentes. Valores de Exposición (EV). Ley de Reciprocidad y Excepciones

4.2.1.Exposiciones Equivalentes

Cuando revisamos los componentes de la cámara fotográfica, observamos la relación existente entre los tiempos de exposición ofrecidos por el obturador y las aberturas de diafragma. Como recordará, era posible emplear distintos pares de valores, siempre y cuando la pérdida de exposición en uno de ellos se compensara mediante el aumento de la exposición con el otro (por ejemplo, es posible obtener una imagen semejante si cerramos 2 pasos en el diafragma y al mismo tiempo prolongamos el tiempo de exposición en igual número de pasos).

Ver Figuras 4.3.1., 4.3.2. y 4.3.3. en el Cd-rom: "3 ruedas de exposición marcando 3 exposiciones equivalentes"

En la imagen, se muestran 3 posibles elecciones a la hora de fotografiar una escena con una determinada e invariable iluminación. Según optemos por uno u otro par de abertura de diafragma y tiempo de exposición, el efecto obtenido podrá variar (por ejemplo, los sujetos en movimiento podrán aparecer más borrosos cuanto mayor sea el tiempo de exposición). Pero en todo caso, las 3 imágenes mostrarán igual nivel de exposición, igual densidad u oscurecimiento. Se dice que estas 3 exposiciones son *equivalentes*. Volveremos sobre esto en capítulos sucesivos.

4.2.2. Valores de Exposición (EV)

A las distintas exposiciones equivalentes que pueden efectuarse ante unas determinadas condiciones de iluminación se les asigna a menudo un valor numérico conocido como *valor de exposición* o *EV* [de *Exposure Value*, traducción del término al inglés]. Se trata de valores aritméticos cuya utilidad estriba en que permiten comparar casi de forma instantánea la iluminación entre 2 puntos del sujeto o bien entre 2 escenas diferentes.

Se toma como valor de referencia o *EV1* la cantidad de luz necesaria para exponer correctamente una escena a f-2 durante 2sg, con una emulsión de ISO 100/21°. A partir de ahí, todos los pares de valores que proporcionen una exposición equivalente serán, asimismo, EV1 (es decir, f-1'4 / 1sg , f-2'8 / 4sg , f-8 / 30sg , etcétera).

Del mismo modo, aquéllas situaciones que presenten una iluminación doble de la de una escena EV1, requerirán un paso menos de exposición. A estas escenas se les denomina con una unidad mayor de valor de exposición, es decir, EV2...Y así sucesivamente.

Si por el contrario, la escena es la mitad de luminosa que EV1, tendrá un valor de exposición EV0 y requerirá por tanto un paso más de exposición a la luz que una escena EV1.

Esta escala de valores de exposición (EVs) puede parecer compleja, pero a menudo resulta útil su conocimiento, ya que muchas cámaras permiten realizar ajustes de exposición en valores EV, por ejemplo, cuando durante un rato vamos a trabajar en unas condiciones de iluminación que pueden inducir a error al exposímetro.

TABLA DE EXPOSICIONES EQUIVALENTES										
Valor de Exposición (EV) a ISO 100/ 21°	Velocidad de Obturador (seg.) para cada Abertura de Diafragma									
	f - 1,4	f - 2	f - 2,8	f - 4	f - 5,6	f - 8	f - 11	f- 16	f - 22	f - 32
-1	*4sg*	8sg	15sg	30sg	60sg	2min	4min	8min	15min	30min
0	2sg	*4sg*	8sg	15sg	30sg	60sg	2min	4min	8min	15min
1	1sg	2sg	*4sg*	8sg	15sg	30sg	60sg	2min	4min	8min
2	½ sg	1sg	2sg	*4sg*	8sg	15sg	30sg	60sg	2min	4min
3	¼ sg	½ sg	1sg	2sg	*4sg*	8sg	15sg	30sg	60sg	2min
4	1/8 sg	¼ sg	½ sg	1sg	2sg	*4sg*	8sg	15sg	30sg	60sg
5	1/15 sg	1/8 sg	¼ sg	½ sg	1sg	2sg	*4sg*	8sg	15sg	30sg
6	1/30 sg	1/15 sg	1/8 sg	¼ sg	½ sg	1sg	2sg	*4sg*	8sg	15sg
7	1/60 sg	1/30 sg	1/15 sg	1/8 sg	¼ sg	½ sg	1sg	2sg	*4sg*	8sg
8	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	¼	½	1sg	2sg	*4sg*
9	½50	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	¼	½	1sg	2sg
10	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	¼	½	1sg
11	*1/1000*	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	¼	½
12	1/2000	*1/1000*	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	¼
13	1/4000	1/2000	*1/1000*	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8
14	1/8000	1/4000	1/2000	*1/1000*	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15
15		1/8000	1/4000	1/2000	*1/1000*	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30
16			1/8000	1/4000	1/2000	*1/1000*	1/500	1/250	1/125	1/60

	00	00	00	*00*	0	0	5	
17		1/8000	1/4000	1/2000	*1/100*	1/500	1/250	1/125
18			1/8000	1/4000	1/2000	*1/100*	1/500	1/250
19				1/8000	1/4000	1/2000	*1/100*	1/500
20					1/8000	1/4000	1/2000	*1/1000*

4.2.3. Ley de Reciprocidad

El enunciado de la Ley de Reciprocidad, conocida también como la *ley de* **Bunsen** *y* **Roscoe** –en honor a quienes la formularon– dice: "*La cantidad de cambio químico es proporcional a la intensidad de la luz, multiplicada por el tiempo de iluminación*".

Exposición Efectiva = Tiempo de Exposición x Intensidad de la Luz

Esto significa que la cantidad de ennegrecimiento que obtenemos en una película depende simplemente de la cantidad de energía luminosa total empleada. La ley de Bunsen y Roscoe establece una relación lineal entre el tiempo de exposición y la abertura de diafragma. Esto es lo que nos permite obtener imágenes de densidad similar empleando tiempos de exposición diferentes, siempre y cuando conpensemos dicho cambio con otro de signo contrario en la abertura de diafragma.

Pero esta ley no se cumple siempre ni de igual modo en todos los materiales sensibles. Al fallo en la ley de reciprocidad se le conoce como *efecto* **Schwarzschild**.

4.2.4. Efecto Schwarzschild

El efecto Schwarzschild se produce por exposiciones muy cortas ó muy largas. En estos casos, no existe una equivalencia real entre cerrar un paso el diafragma y doblar el tiempo de exposición. Las consecuencias son la pérdida de sensibilidad en la película, la variación en el contraste reproducido y la modificación en el balance cromático.

De estos tres problemas, el primero puede resolverse aumentando la exposición respecto a la estimación ofrecida por el exposímetro. El contraste de la imagen puede corregirse –hasta cierto punto– durante el procesado, especialmente con emulsiones en blanco y negro.

Por lo que respecta al balance cromático, su alteración se debe a que las películas en color se ven afectadas por el fallo en la ley de reciprocidad de modo desigual en cada una de sus capas. Los fabricantes suelen indicar la corrección necesaria en el filtraje de color durante la exposición para cada material y tiempo de exposición concreto.

Ver Figura 4.4.en el Cd-rom: "Ejemplo de dos tablas de información sobre reciprocidad de 2 películas diferentes"

Los márgenes en los que la ley de reciprocidad se mantiene invariable son distintos para cada emulsión. Generalmente, las películas en color para luz día suelen dar buen resultado sólo con tiempos cortos, si bien esto ha cambiado con las últimas generaciones de emulsiones. Por su parte, las películas para tungsteno son tradicionalmente diseñadas para trabajar con tiempos de exposición largos, en los que no presentan problemas ni de pérdida de sensibilidad ni de alteración del balance cromático.

4.2.5. Exposiciones Múltiples y Efecto de Intermitencia

No provoca el mismo oscurecimiento del material sensible exponer durante un tiempo concreto que dividir dicho tiempo en varias exposiciones sucesivas. De manera análoga, tampoco se logra el mismo resultado disparando un flash una única vez que dividiendo su potencia en destellos sucesivos. A este fenómeno se le denomina *efecto de intermitencia*.

Al igual que ocurriera con el efecto Schwarzschild, la exposición sucesiva y por partes produce una pérdida en la sensibilidad efectiva de la emulsión, así como una modificación en el contraste y la alteración en el balance cromático de las emulsiones en color.

Los **factores cuantificables** que intervienen en el **efecto de intermitencia son**:

- El *número* de exposiciones: a mayor número de exposiciones, mayor pérdida de sensibilidad. Normalmente, se corrige incrementando el número de exposiciones, siempre según las indicaciones del fabricante. Por ejemplo, en el caso de destellos de flash, la norma suele ser añadir un destello adicional por cada 4 realizados de modo consecutivo.
- El *intervalo* entre exposiciones: a mayor intervalo, mayor pérdida de sensibilidad. Cada material tiene un umbral ó frecuencia crítica, hasta el cual la pérdida de sensibilidad es inapreciable. Una vez superado éste, la pérdida de sensibilidad se hace cada vez más evidente, haciéndose necesario aumentar el volumen de exposición total de la imagen.

4.3. Exposición Correcta. Sobre– y Subexposición

A la hora de decidir la exposición a la luz que debe recibir el material fotosensible en nuestra cámara, podemos acertar u equivocarnos. Si acertamos, decimos que hemos expuesto correctamente. Si, por el contrario, exponemos durante menos tiempo del necesario o bien con una abertura de diafragma demasiado pequeña, decimos que hemos *subexpuesto* el material. Si estamos utilizando diapositivas, el resultado es una imagen más oscura de lo que cabría esperar al observar la escena real. Si estamos empleando película negativa, el resultado será una imagen casi transparente (la película no se ha impresionado lo suficiente), que impedirá su posterior copiado de modo aceptable en papel fotográfico.

Ver Figuras 4.5.1. y 4.5.2. en el Cd-rom: "Ejemplo de diapositiva y negativo subexpuestos"

Si, por el contrario, nos equivocamos y exponemos más de lo necesario, nuestras diapositivas aparecerán demasiado claras y nuestros negativos demasiado oscuros, lo que dificultará la obtención de buenas copias.

Ver Figuras 4.6.1. y 4.6.2. en el Cd-rom: "Ejemplo de diapositiva y negativo sobreexpuestos"

Existe la posibilidad de corregir un error de exposición durante el procesado. Una imagen excesivamente expuesta puede corregirse subrrevelándola. Del mismo modo, una imagen subexpuesta puede tratar de mejorarse prolongando el revelado. En la práctica, cualquiera de estas opciones trae consigo una merma en la calidad de la imagen, bien porque se altere el contraste o el balance cromático, bien porque disminuya la nitidez por el aumento del grano.

Ver Figuras 4.7.1. y 4.7.2. en el Cd-rom: "Ejemplo de diapositiva subexpuesta y sobrerrevelada junto con otra idéntica pero bien expuesta y revelada"

Por lo general, y dentro de ciertos límites, se considera menos malo sobreexponer un negativo que subexponerlo. Si lo subexponemos, perdemos el detalle en las sombras, que aparecerán demasiado oscuras. Sin embargo, si lo sobreexponemos en uno o 2 pasos, será posible obtener una imagen aceptable, si bien el grano habrá aumentado considerablemente, reduciendo la nitidez de la imagen.

En cuanto a las diapositivas, la recomendación es la opuesta: suele ser menos malo subexponerlas ligerísimamente (recuérdese que la latitud de exposición de este material es muy reducida) que sobreexponerlas. Una pequeña sobreexposición provocará una pérdida irreparable del detalle en las altas luces.

Ver Figuras 4.8.1. y 4.8.2. en el Cd-rom: "Ejemplo de diapositiva sobreexpuesta junto con otra idéntica pero bien expuesta y revelada"

4.4. Exposímetros de Cámara y de Mano. Medición de Luz Incidente y Luz Reflejada. Medición Puntual

El aparato que permite averiguar la cantidad de luz necesaria para impresionar un sujeto determinado es el *exposímetro*, llamado a menudo –incorrectamente– "fotómetro". Las cámaras suelen disponer de exposímetro incorporado, si bien es posible encontrar en el mercado exposímetros externos.

Estos aparatos, como su nombre indica, expresan sus cálculos en valores de exposición, es decir, en pares de valores de abertura de diafragma y tiempo de exposición. Lógicamente, para ello debe de introducírseles de algún modo la información referente a la sensibilidad de la película empleada. Una vez hecho esto (algo que los exposímetros de muchas cámaras realizan automáticamente al introducir el rollo de película), el exposímetro realiza sus cálculos y emite una propuesta de exposición correcta para la situación concreta en que nos encontremos.

Existen dos grandes grupos de exposímetros: los que son capaces de medir la luz reflejada por una superficie o sujeto tridimensional y los que miden la luz que incide sobre esa misma superficie o sujeto.

Los exposímetrros de cámara miden siempre la *luz reflejada*.

Luz Reflejada

Ver Figura 4.9. en el Cd-rom: "Ejemplos de exposímetros de luz reflejada de mano y de cámara"

Entre los exposímetros de luz reflejada, existen modelos muy refinados que pueden llegar a medir la luz reflejada en un arco de tan sólo 10, 5 ó incluso 1° de circunferencia. Son conocidos como exposímetros de luz puntual o *spot*. Su empleo posibilita la medición de superficies diminutas ó muy lejanas.

Ver Figura 4.10. en el Cd-rom: "Ejemplo de exposímetro de luz reflejada tipo spot"

Todos los exposímetros están equilibrados para reproducir la escena medida como si ésta fuera un conjunto equilibrado de tonos claros, medios y oscuros. Esto quiere decir que al efectuar la medición el aparato propone siempre el valor de exposición necesario para obtener una exposición correcta de un sujeto ideal que fuera de un valor medio en la escala de intensidad lumínica, ni muy claro ni muy oscuro. Cuando tomamos una medición de un sujeto que no corresponde con esta escala arquetípica, nos encontramos con algo como esto:

Ver Figura 4.11. en el Cd-rom: "Fotografía de un sujeto blanco reproducido en tono gris medio"

La pared encalada es blanca, pero ha sido reproducida de un tono gris medio. ¿Por qué? La razón hay que buscarla en las limitaciones mecánicas del sistema de medición. El exposímetro no piensa, sólo mide la luz. No sabe si el sujeto debe salir claro u oscuro en la imagen, por lo tanto realiza sus mediciones para que el motivo sea reproducido en el centro de la escala: si, como en este caso, el objeto fotografiado es muy claro (o si fuera muy oscuro), el exposímetro nos propondrá una exposición que –indefectiblemente– provocará que el objeto salga de un tono intermedio.

Tal vez haya realizado un buen número de fotos con una cámara de exposición automática sin haber advertido nunca este problema. Varios pueden ser los motivos. En primer lugar, y aunque tras lo comentado arriba, pudiera parecer que la forma de trabajar de los exposímetros no es muy ortodoxa, lo cierto es que los fabricantes no son tontos: el sistema de medición propuesto funciona en un altísimo porcentaje de situaciones de toma, posiblemente, por encima del 80% de las ocasiones. Por otro lado, la gran mayoría de los aficionados a la Fotografía emplea película negativa, cuya latitud de exposición es muy amplia, lo que permite encubrir un gran número de los errores de exposición cometidos. Muchos de estos errores pueden, además, ser corregidos por el laboratorio durante el copiado. Pero cuando se emplea película diapositiva no hay tanta tolerancia a la hora de exponer: un error de más de medio valor de exposición (± ½ EV) puede provocar que nuestra imagen sea irrecuperable.

De todo esto se deduce la necesidad de conocer en profundidad la forma en que los distintos tipos de exposímetros efectúan sus cálculos, de modo que podamos prever en qué circunstancias sus mediciones pueden ser erróneas, anticipándonos a ellas y corrigiendo adecuadamente la exposición antes de realizar la toma. Para ello, no hay nada mejor que releer atentamente el manual de instrucciones de nuestra cámara.

Por otro lado, puede también ocurrir que nosotros mismos optemos por alterar la reproducción mimética de los tonos de la escena tal y como se nos presentan en la realidad, prefiriendo una imagen más clara u oscura que la que observamos ante nosotros. También en estos casos nos será de utilidad conocer las bases de la exposición.

Luz Incidente

Ver Figura 4.12. en el Cd-rom: "Ejemplo de exposímetro de luz incidente"

Como su nombre indica, los exposímetros de luz incidente efectúan el cálculo de la exposición adecuada para una escena a partir de la luz que incide sobre la misma. Al no tener en cuenta la luz que refleja la materia sino la que incide sobre ella, no presentan desviaciones en la medición de objetos claros u oscuros. Por ello, son muy apreciados entre los fotógrafos profesionales.

4.5. Cálculo del Contraste de la Escena y Elección de la Exposición Adecuada

A la hora de evaluar cuál es la exposición adecuada a un sujeto cualquiera, es conveniente tratar de imaginar el tono con que queremos que se reproduzca en nuestra imagen cada una de sus partes. A esto se le llama "*previsualizar*" y es el concepto clave para exponer de modo correcto en toda ocasión. Para ello, puede ser útil dibujar un croquis del sujeto y colocar en cada una de sus partes la medición de la luz reflejada por ellas –en valores de exposición (EV), por ejemplo–.

Para efectuar dichas mediciones puntuales podemos ayudarnos de un exposímetro de luz reflejada de tipo spot. Si no disponemos de él, podemos emplear el de la cámara, simplemente acercándolo al sujeto, de modo que la porción que queremos evaluar ocupe mayoritariamente nuestro visor. Realizada la medición, bastará con volver a nuestra posición inicial, de modo que recuperemos el encuadre previamente escogido.

Ver Figura 4.13. en el Cd-rom: ·"Ejemplo de lo anteriormente citado"

En aquellas ocasiones en que exista una amplia diferencia lumínica entre las distintas partes de la escena, puede ser preciso medir las zonas más oscura y más clara que deseamos conserven detalle completo. Si entre la luz reflejada por ambas existe una diferencia de 5 o menos pasos de luz, será posible exponer de modo que ambas porciones del sujeto muestren detalle completo. Si la diferencia es mayor, al exponer correctamente una de dichas partes, la otra quedará necesariamente mal expuesta:

- si exponemos para situar las sombras en su sitio, las luces quedarán demasiado claras y sin detalle
- si exponemos para que las luces queden bien, las sombras quedarán demasiado oscuras

Ver Figuras 4.14.1. y 4.14.2. en el Cd-rom: "Ejemplo de un caso como el citado, exponiendo sucesivamente para las sombras y para las luces, y por lo tanto, perdiendo el detalle en la otra zona. NOTA: cada una de las fotos irá debajo de una de las dos frases anteriores y con los valores EV de sombras y luces sobreimpresionados"

Esto es así porque la película no suele ser capaz de reproducir detalle completo en situaciones con una diferencia de luz mayor de los citados cinco pasos de exposición (o lo que es lo mismo, cuando la parte más clara de la escena refleja 32 veces más luz que la parte más oscura).

Si trabajamos con película negativa, resulta fundamental situar correctamente las sombras, pues una ligera subexposición provocaría que el detalle se perdiera irreparablemente. Por lo general, pues, cuando se trabaja con película negativa decidimos la exposición a partir de la medición de las sombras, cerrando en torno a 2 puntos la medición que de ellas tome el exposímetro. Cuando empleemos diapositivas, por el contrario, deberemos dar más importancia a asegurar el detalle en las luces. Por ello, deberemos exponer para situar correctamente la parte más clara del sujeto que deseamos conserve detalle completo. Para ello, mediremos sobre dicho punto y aumentaremos en 2 puntos la medición efectuada con el exposímetro –que, recordemos, mide siempre para exponer hacia el gris medio–.

Ejercicios Prácticos Propuestos

1. Realizar una serie de tomas en situaciones similares, empleando película para negativos y para diapositivas, y diferentes niveles de exposición (exposición correcta, sub– y sobreexposición en $^1/_3$, ½ , 1 y 2 diafragmas). Procesar y evaluar los resultados. ¿Cuántos negativos permiten obtener copias aceptables? ¿Cuántas diapositivas son igualmente aceptables? ¿Qué conclusiones sacas de todo ello?

2. Fotografiar un pequeño objeto empleando sucesivamente un fondo negro y otro blanco. Realizar 2 tomas del objeto con cada uno de los fondos a partir de las mediciones general y puntual de la luz reflejada. Procesar y evaluar los resultados. ¿Por qué el exposímetro ofrece medidas diferentes en cada caso si el sujeto y la iluminación no varían? ¿Qué conclusiones sacas de todo esto?

Bibliografía Específica sobre el Tema IV:

LIBROS:

ADAMS, Ansel: *El Negativo*. Madrid, Omnicon, 2.000.

CLERC, Louis Philippe: *Fotografía: Teoría y Práctica*. Barcelona, Omega, 1975.

DAVIS, Phil: *Más Allá del Sistema de Zonas*. Madrid, Omnicón, 1995.

GRAVES, C.: *The Zone System for 35mm Photographers*. Nueva York, Focal Press, 1982.

JOHNSON, Chris : *The Practical Zone System*. Boston, Focal Press, 1986.

ARTÍCULOS:

DAVIS, Phil: *Can Film Really Be Pushed?* Photo Techniques, vol. 18, Número 4, julio/agosto 1998.

APÉNDICE: El Sistema de Zonas

Introducción

El Sistema de Zonas fue creado por Ansel Adams y Fred Archer al final de la década de los años '30 como método de enseñanza para sus alumnos de la Art Center School de Los Angeles. Con ello, intentaban proporcionar a los futuros fotógrafos un método de control del contraste y el tono en cada copia ó –lo que es lo mismo– la posibilidad de prever y resolver cualquier situación de toma fotográfica que se pudiera plantear. El método permite al fotógrafo "previsualizar" la escala tonal de la imagen aún antes de realizar la toma.

Si bien el Sistema de Zonas surgió como una herramienta para la fotografía en blanco y negro, lo cierto es que resulta igualmente adecuado a la fotografía en color, por lo que su empleo no ha perdido vigencia con el paso del tiempo.

Para emplear el Sistema de Zonas es preciso disponer de un buen exposímetro de luz reflejada. El de la cámara puede servir, si se emplea correctamente. La otra herramienta imprescindible es un cartón gris calibrado de la marca Kodak ó cualquier otro objeto gris que refleje un 18 % de la luz que reciba.

Ver Figura 4.A. en el Cd-rom: "cartón gris Kodak"

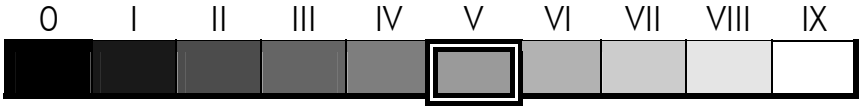
El Sistema de Zonas se basa en la simplificación y delimitación de los casi infinitos tonos de gris que se pueden encontrar en una escena, definiéndolos y relacionándolos con materiales típicos. La escala de grises creada de esta forma está compuesta por diez tonalidades que van desde el blanco puro al negro absoluto, pasando por una serie de tonalidades de gris. En el centro de la escala se encuentra un tono de gris que refleja el 18 % de la luz que incide sobre él, y que se convierte en el eje del sistema.

Concepto de Zona

La película en blanco y negro traduce los distintos matices y luminosidades de una escena en una serie de tonalidades de gris que pueden ir desde el blanco hasta el negro en función de la iluminación del motivo, la exposición y el revelado. El Sistema de Zonas ordena y clasifica la infinita gama de grises posibles agrupándolos en torno a tonalidades clave que representan a las que más cerca de ellas se encuentran. De este modo, pasamos de una escala continua a otra escalonada en la que los tonos grises de los puntos medios se

utilizan para representar los tonos adyacentes. Concretamente, cada uno de los ocho escalones centrales del Sistema de Zonas representa a los grises que se hallan a una distancia inferior a medio punto de exposición por arriba ó por abajo del gris tomado como referencia para esa zona. Cada escalón gris ó *zona* representa una parte de la escena que refleja el doble de luz que la correspondiente al escalón anterior y viceversa. Esto favorece su asimilación, ya que –como sabemos– los controles básicos en Fotografía se relacionan con la duplicación ó reducción a la mitad de la exposición (variaciones de un punto, ya sea en abertura de diafragma ó en tiempo de exposición).

Para entender mejor el concepto de las 10 zonas, podemos pensar en una tabla que muestre en un extremo el negro puro y en el otro extremo, el blanco. Entre ambos, una secuencia ininterrumpida de grises que van siendo más oscuros a medida que se acercan a uno de los extremos (y más claros hacia el otro). Si dividimos longitudinalmente esta escala en 10 partes de iguales dimensiones, veremos que cada una de las celdillas resultantes es más oscura en uno de sus límites que en el otro. Pues bien, si tomamos como referencia de cada celdilla la tonalidad gris que se halla en su mitad, obtendremos la escala de zonas tal y como la conocemos. Es importante recalcar que cada zona representa, en realidad, no un sólo tono de gris, sino todos aquéllos que –siendo muy cercanos a éste– se encuentran dentro de los límites de la celdilla.



Cada zona quedaría descrita del siguiente modo:

	0	Negro máximo que puede producir el papel fotográfico. Negro absoluto, sin textura ni detalle. Corresponde al que se obtiene a partir de exponer en la ampliadora el negativo procesado sin exponer.
	I	Casi negro, algo más claro que el negro máximo. Umbral efectivo, primeras señales de detalle en las sombras. Sin textura.
	II	Gris muy oscuro. Primera insinuación de textura en las sombras. Corresponde a las partes más oscuras de la imagen con cierta sensación de materialidad. Ropa negra y sombras muy oscuras.
	*III	Gris oscuro. Primer tono que registra una textura completa en los detalles de las sombras. Pelo oscuro, vegetación oscura, vaqueros oscuros. Zona clave para la determinación de la exposición final.
	IV	Gris menos oscuro. Representa las partes en "sombra clara" de un paisaje: vegetación y rocas oscuras. Piel oscura ó muy morena. El lado en sombra de un rostro de raza blanca retratado al sol.
	V	Gris medio. Zona central de la escala. Tono equivalente al gris de un cartón neutro con el 18% de reflectancia. Los fotómetros están calibrados para indicar exposiciones que reproduzcan la luminosidad como un gris de Zona V. Piel humana oscura cuando queda iluminada "al máximo".
	VI	Gris medio a claro. Piel humana blanca iluminada por sol promedio. Sombras sobre la nieve en un paisaje iluminado por el sol.
	*VII	Gris claro. Primera Zona en las altas luces con textura completa. Piel humana nórdica. Cemento al sol. Ropa clara. Objetos de colores muy suaves.
	VIII	Gris muy claro, casi blanco. Ultimas señales de detalle, sin textura completa. Pelo rubio claro. Las partes más claras en una pared encalada que aún conservan insinuación de detalle. Papel blanco. Nieve limpia.
	IX	Blanco puro. El blanco máximo que puede producir el papel fotográfico sin exponer. Reflejos especulares. Fuentes de luz.

Cada zona –como cada valor de sensibilidad ASA, cada nº-f ó cada tiempo de exposición– representa una cantidad de luz doble ó mitad de sus inmediatas. Es decir, la Zona VII representa una cantidad doble de luz que la Zona VI y la mitad de luz que la Zona VIII.

Existen **dos principios básicos** que hay que entender para aplicar correctamente el Sistema de Zonas a la hora de exponer:

1. Cada zona representa el efecto de una exposición que difiere en un diafragma de las que produjeron los tonos en cada zona adyacente.
2. Cualquier valor de un sujeto puede ser expuesto de modo que quede registrado en cualquier zona.

El exposímetro idóneo para aplicar el Sistema de Zonas es uno de luz reflejada de tipo spot. No obstante, puede emplearse cualquier otro, realizando ciertas alteraciones al proceso.

Los exposímetros de luz reflejada, tales como el de cámara, funcionan bajo el supuesto de que la escena a medir refleja un 18 % de la luz que incide sobre ella. Esto es lo mismo que decir que toda medición de un exposímetro sitúa el objeto medido en Zona V. Como esto no siempre es cierto, una única lectura general de la luz reflejada puede inducir fácilmente a un error en la exposición.

Ver Figura 4.B. en el Cd-rom: "Foto de nieve más oscura de lo que es en la realidad"

Así, si hacemos caso al exposímetro a la hora de fotografiar una escena "más clara de lo normal" (por ejemplo, un paisaje nevado), la exposición será insuficiente: los detalles de textura en la nieve –típicos de la Zona VII u VIII– quedarán ahora en Zona V ó, lo que es lo mismo, más oscuros de lo que son en realidad. El resultado será una imagen subexpuesta.

Lo contrario ocurrirá si tratamos de fotografiar un sujeto oscuro (por ejemplo, un abrigo negro) a partir de una única medición de la luz que éste refleja: el exposímetro nos hará exponer el abrigo (que debería ocupar la Zona III) como si se tratara de una Zona V, con lo cual quedará más claro de lo que es en realidad.

Ver Figura 4.C. en el Cd-rom: "Foto de un abrigo oscuro más claro de lo que es en la realidad"

Todos estos problemas se resuelven situando un cartón Kodak gris neutro en el lugar del motivo, de modo que reciba exactamente la misma iluminación. Este cartón está calibrado para reflejar el 18 % de la luz que llegue a él y constituye exactamente el gris medio típico de la Zona V. Si medimos sobre él, la exposición indicada por el exposímetro hará que cualquier tono similar en el motivo quede colocado en su sitio y –por lo tanto– también los restantes tonos.

Ver Figura 4.D. en el Cd-rom: "Foto de una cámara midiendo a un cartón gris situado delante del abrigo e imagen de éste mostrándolo con su tono real"

Lo mismo ocurrirá si en lugar de emplear un exposímetro de luz reflejada empleamos uno de luz incidente. La forma correcta de emplear uno de estos exposímetros es colocarlo en el lugar del sujeto, con la célula de medición hacia la cámara. Los valores de exposición que se obtienen por este método corresponden a los que se obtendrían si se midiera la luz reflejada por la tarjeta gris de Kodak situada en el mismo lugar.

Ver Figura 4.E. en el Cd-rom: "Foto de un exposímetro de luz incidente bien orientado para realizar la medición del mismo abrigo"

Una tercera –y más fiable– forma de calcular la exposición adecuada sería la siguiente: medir la luz que refleja la zona más oscura del sujeto en la que queramos obtener completo detalle (es decir, aquélla que queremos que resulte "Zona III"). Una vez hecho esto, y teniendo en cuenta que la lectura que nos ha dado el exposímetro coloca dicha zona oscura con textura en la Zona V, deberé cerrar 2 pasos a partir de la medición del exposímetro. De

este modo, colocaremos la Zona III en su sitio y –si la escena tiene un contraste normal– las demás zonas también. Más adelante veremos que si la escena tiene un contraste excesivo, éste puede reducirse mediante un "revelado de contracción" (N–); ó bien –si el contraste es muy reducido– estirarse mediante un "revelado de expansión" (N+).

Ver Figura 4.F. en el Cd-rom: "La misma escena de la modelo con el mismo abrigo, esta vez con los valores de exposición de cada parte del sujeto (cara iluminada, cara en sombra, ojo, pelo y abrigo) sobreimpresionados sobre la imagen"

En resumen :

La exposición afecta primordialmente a la densidad de las sombras. Es decir, subexponerlas hará que pierdan todo detalle, de modo que luego no será posible obtenerlo en el positivado. La colocación adecuada de las partes más oscuras con detalle del sujeto (en Zona III) es el paso fundamental a la hora de exponer correctamente.

Si se compara la medición de la luz que refleja una superficie con la medición de la luz que incide sobre ella y ambos valores de exposición son iguales, dicha superficie es típicamente "Zona V", es decir, refleja un 18% de la luz que incide sobre ella. Si el valor de exposición es mayor en un punto cuando medimos luz reflejada –es decir, si refleja "un punto más de luz"– la superficie será típicamente "Zona VI", y así sucesivamente. Es fácil de comprender que este método de comparación puede, a falta de exposímetro de luz incidente, realizarse mediante el empleo del cartón gris de Kodak. Este procedimiento sirve además para determinar el valor de gris con que se reproducirá cualquier superficie, siempre que el valor de exposición definitivo de la toma sea el obtenido al medir sobre la tarjeta gris ó el obtenido al medir la luz incidente.

El Revelado del Material en Blanco y Negro y el Sistema de Zonas

Como ya vimos, a la hora de exponer conviene anotar no sólo la luz reflejada por las sombras con detalle del sujeto (Zona III), sino también las demás partes del sujeto que presenten distintos grados de luminancia. Esto nos permitirá evaluar qué tipo de revelado es el adecuado a cada caso.

Ver Figura 4.G. en el Cd-rom: "Una modelo morena (pelo ZIII) con una camisa clara (ZVII). Los valores de exposición de ambas zonas aparecen sobreimpresionados"

Imaginemos que vamos a fotografiar a una modelo. Si, con una iluminación determinada, la medición de lo que consideramos debe ser en nuestra imagen Zona VII (por ejemplo, la camisa de color claro de la modelo) presenta respecto a nuestra Zona III (por ejemplo, el pelo oscuro de la modelo) una distancia en pasos de luz semejante a la que debe haber entre ambas zonas (esto es, 4 pasos), podemos decir que el contraste de la escena es normal y, por lo tanto, el revelado también deberá serlo (y lo llamaremos "Revelado N").

Ver Figura 4.H. en el Cd-rom: "La misma modelo morena, pero con una iluminación más suave (pelo ZIII) con una camisa clara (ZVI). Los valores de exposición de ambas zonas aparecen sobreimpresionados"

Si, a causa de una iluminación más suave, el contraste de nuestro sujeto se reduce, la distancia efectiva entre las partes del sujeto situadas en las diferentes zonas también se reducirá. Así, una exposición que nos asegure detalle en el pelo de la modelo (situándolo de nuevo en Zona III) colocará automáticamente la camisa clara en una zona más oscura (por ejemplo, en Zona VI). Esto provocará, pues, que la camisa se reproduzca en una tonalidad más oscura que la originalmente "previsualizada" ó deseada. El efecto general es el de una imagen gris y apagada. La solución a esto consiste en revelar de modo que el contraste aumente. A esto se le llama "revelado de expansión" ó "revelado N+" y, básicamente, consiste en aumentar el tiempo normal de revelado. La razón de esto estriba en que el aumento del revelado conlleva un mayor oscurecimiento en las zonas más expuestas (=altas luces) que en las menos expuestas (=sombras), donde el aumento del revelado no provoca prácticamente un aumento en la densidad del negativo. Asimismo, una mayor concentración en el revelador favorecerá una acción más enérgica por parte de éste, y por lo tanto, un mayor efecto de expansión. Un efecto que todo esto lleva aparejado es el incremento en la Sensibilidad Efectiva ó Indice de Exposición (IE) de la emulsión. El grado de aumento que deba darse al tiempo de revelado dependerá del número de Zonas ó pasos de contraste que haya que restituir a la escena:

Tiempo de Revelado N+1 = Tiempo N x 1'4
Tiempo de Revelado N+2 = Tiempo (N+1) x 1'4

Imaginemos ahora que una iluminación muy dura provoca en nuestro sujeto que la zona que deseamos ocupe la Zona VII (la camisa de color claro) refleje mucha más luz que en los dos ejemplos anteriores.

Ver Figura 4.I. en el Cd-rom: "La misma modelo morena, pero con una iluminación más dura (pelo ZIII) con una camisa clara (ZIX). Los valores de exposición de ambas zonas aparecen sobreimpresionados"

Si queremos que la camisa conserve totalmente su textura (y, por lo tanto, que ocupe la Zona VII y no, por ejemplo, la Zona IX) deberemos revelar de forma que la distancia entre las Zonas III y VII quede reestablecida, es decir, realizaremos un "revelado de contracción", también llamado "Revelado N–". Esto puede conseguirse mediante la reducción del tiempo de revelado de acuerdo a los siguientes factores:

Tiempo de Revelado N–1 = Tiempo (N) x 0'7
Tiempo de Revelado N–2 = Tiempo (N) x 0'6

En resumen:

Si –como veíamos– la exposición afecta primordialmente a la densidad de las sombras, puede decirse que el revelado atañe a la densidad de las altas luces. Es por ello que desde antiguo se pretendió reducir todo el Sistema de Zonas a la expresión "*exponer para las sombras y revelar para las luces*". Si bien esta afirmación no es descabellada, es evidente que el Sistema de Zonas es mucho más que esto.

El Sistema de Zonas y la Fotografía en Color

El Sistema de Zonas puede aplicarse también a la práctica de la fotografía en color. También aquí es esencial la previsualización de la escena en su aspecto definitivo. La principal diferencia respecto al empleo de materiales en blanco y negro radica en la menor flexibilidad a la hora de alterar el procesado del material, que en color está estandarizado. Un pequeño cambio en las condiciones de revelado puede llevar a la alteración del balance cromático de la imagen definitiva.

En fotografía en color, la reproducción de los tonos depende de la respuesta a la luz de las distintas capas que forman la película. Estas capas –compuestas de haluros de plata y sensibilizadas a distintas longitudes de onda– forman tras el revelado tintes de colores que, al combinarse, crean todos los matices tonales que aparecerán en la imagen definitiva. Cada fabricante emplea sus propios tintes, por lo que es fácil deducir que cada película ofrecerá una respuesta distinta a los colores de la realidad. Así, existen películas que ofrecen una respuesta *cálida* (Fuji Velvia® ó Kodak E100SW®) y otras, más neutras ó incluso *frías* (Kodak Ektachrome 100 Plus®, entre otras).

Exposición Correcta del Material Inversible en Color

Las diapositivas en color están concebidas para su observación mediante luz transmitida, tanto por proyección como por inspección directa sobre una mesa de luz. Una transparencia ofrece una escala tonal muy superior a la de un negativo en color, pues aquélla es un producto final, mientras que un negativo permite cierta corrección a la hora de ser positivado.

Como ya dijimos, poco se puede hacer para alterar el contraste de una imagen en color durante su procesado. Esto es especialmente difícil al emplear material inversible, por razones obvias. Cualquier error en el revelado provocará un desajuste en el balance de color de las distintas emulsiones que forman la película.

La exposición es fundamental cuando trabajamos con diapositivas. Se trata de un material con una escasa latitud de exposición, por lo que un error de más de medio diafragma a la hora de exponer echará a perder la imagen. Los principios para exponer correctamente una diapositiva son los mismos que para un negativo, pero conviene detenerse en este punto por un instante. Efectivamente, al igual que ocurre con un negativo, la clave de la exposición radica en mantener suficiente detalle en las zonas de menor densidad del material. Como sabemos, en el caso de un negativo esto corresponde con la Zona III. Pero en una transparencia los tonos están ordenados de forma opuesta, de modo que la porción menos densa con detalle completo coincidirá con la Zona VII. Esto significa que la exposición definitiva se basará en aquélla que permita colocar la Zona VII en "su sitio". Una vez hecho esto, los demás tonos presentes en la escena caerán en mayor ó menor medida en el lugar que les corresponde.

Al igual que ocurre con el material negativo en blanco y negro, la Sensibilidad propuesta por el fabricante es sólo un punto de partida para el fotógrafo, que va a emplear (y procesar) el material de una forma concreta. Si bien es verdad que la estandarización del revelado de los materiales en color provoca que las diferencias sean en la práctica y para la mayoría de los casos inapreciables, sí es cierto que algunos fotógrafos alteran el Indice de Exposición (y el revelado) de ciertas emulsiones.

Una forma sencilla de calcular el Indice de Exposición (IE) adecuado a nuestros gustos consiste en fotografiar una escena a partir de la colocación en su sitio de la Zona VII [recuerde que, para ello, basta con medir sobre un objeto típico de esta Zona y abrir dos pasos de diafragma a partir de dicha medición]. Se realizarán tomas similares para diferentes Indices de Exposición y, tras el revelado, se decidirá cuál de las imágenes ofrece una Zona VII más adecuada (esto es, la menos densa que ofrezca detalle completo). De este modo podemos comprobar cuál es la Sensibilidad Efectiva a la que debemos trabajar con dicha emulsión.

Una vez determinado el IE, no es necesario que en todas nuestras fotos aparezca un sujeto típico de Zona VII para poder exponer correctamente. Basta con seleccionar la tonalidad clave de la escena, aquélla que deseamos reproducir con sus valores reales de luminosidad. Mediremos la exposición para esta tonalidad y ajustaremos la abertura de diafragma y el tiempo de exposición de modo que podamos situarla en la Zona asignada. Si no hay tal elemento clave, bastará con medir la exposición correcta para la palma de nuestra mano (que previamente habremos situado en condiciones de iluminación similares a las de la escena a fotografiar). Sabiendo que la palma de la mano es una típica Zona VI, leeremos la exposición propuesta por el

exposímetro para nuestra mano y abriremos un paso a partir de ella. Ésa será la exposición definitiva, aquélla que situará en su sitio cualquier Zona VI de la escena (y, por extensión, también al resto de las Zonas). En cualquier caso, no estará de más medir la diferencia de intensidad de la luz reflejada por las altas luces y las sombras (Zonas VII y III), de modo que podamos prever cómo se reproducirán el resto de tonos en la imagen. La práctica nos indicará cuándo conviene alterar la colocación de una tonalidad clave, si con ello ganamos algo de detalle en las sombras ó en las luces.

Exposición Correcta del Material Negativo en Color

La película negativa en color se comporta de un modo similar a la de blanco y negro. Sin embargo, y a diferencia de ésta, una cierta sobreexposición no afecta perjudicialmente a la calidad de la imagen, ni en lo que se refiere al balance de color ni a un posible aumento de grano. Por ello, a menudo se tiende a sobreexponer este tipo de emulsiones.

Cualquier prueba de calibrado se basará en la colocación de la Zona III en su sitio. Nuevamente nos enfrentamos a un proceso de revelado estandarizado, que no permite alteraciones sin pérdida en la calidad final de la imagen. Sin embargo, es posible modificar el tiempo de inmersión en el revelador para lograr cierta expansión ó contracción del contraste definitivo de la imagen (equivalente a un N+1 ó N–1). Habrá que consultar con las instrucciones de cada fabricante, pues no todas las emulsiones ni todos los líquidos se comportan de la misma forma. Una solución más extendida para alterar el contraste consiste en emplear durante el positivado un papel especial, de mayor ó menor contraste.

V. Formación de la Imagen. Lentes Simples y Objetivos

5.1. Refracción de la Luz

La Refracción es aquella propiedad de la luz por la cual los rayos luminosos pueden ver alteradas su *velocidad* y *dirección* al pasar de un medio a otro de diferente densidad. Esta propiedad es consustancial a la práctica fotográfica. Se aplica en la construcción de lentes simples y objetivos, y bien puede decirse que sin ella no podría existir la Fotografía.

Al cambiar de medio, los rayos de luz varían su velocidad. Cuanto mayor es la densidad del medio, mayor es su resistencia y, por tanto, menor la velocidad a la que se desplazan los rayos lumínicos.

Ver Animación 5.I. en el Cd-rom: "Sol emite rayos rectilíneos que llegan a la atmósfera; al atravesarla, estos rayos se desvían ligerísimamente, avanzando algo más despacio que antes de llegar a ella; los rayos llegan por fin al mar, donde de nuevo se desvían (más que antes) y continúan avanzando (visiblemente más despacio) hasta llegar a un pez"

En el vacío, la velocidad de la luz es de 300.000 kilómetros por segundo; en la atmósfera terrestre, dicha velocidad se reduce ligeramente debido a la leve resistencia ejercida por el aire que nos rodea. En medios más densos, como el agua, la velocidad de la luz se reduce aún más.

La diferente resistencia de un medio al paso de la luz puede evaluarse mediante su **índice de refracción** [n]. Éste valor se calcula del siguiente modo:

Indice de refracción [n] de 1 medio = Velocidad de la luz en el vacío / / Velocidad de la luz en el medio definido

Pero al pasar de un medio a otro no sólo se produce un cambio en la velocidad de los rayos de luz. También se produce un cambio en su dirección. Este cambio es diferente para las distintas longitudes de onda: es mayor para las longitudes de onda más cortas (como las ultravioletas, violetas y azules) y menor para las longitudes de onda más largas (naranjas, rojas e infrarrojas).

Ver Animación 5.2. en el Cd-rom: "Un rayo de luz blanca llega al mar y se transforma en 8 rayos diferentes (ultravioleta, violeta, azul, verde, amarillo, naranja, rojo e infrarrojo) que avanzan en el agua desviándose ligeramente el uno del otro]"

5.2. Lentes simples

Una lente es una sección más ó menos pulida de algún material transparente –generalmente vidrio ó plástico– que permite el paso de los rayos luminosos, desviándolos. Las lentes pueden ser *convergentes* ó *divergentes*, según la forma en que desvíen los rayos de luz. Su capacidad para desviar la luz depende, entre otras variables, del índice de refracción del material empleado en su construcción, así como del color (es decir, la longitud de onda) de la luz incidente. Como veremos, en Fotografía se emplean lentes ó grupos de lentes convergentes.

Ver Figura 5.3. en el Cd-rom: "Despiece de una lente convergente y otra divergente, y ejemplos de la trayectoria que toman los rayos de luz que las atraviesan"

5.3. Lentes Convergentes y Distancia Focal

Una lente convergente es aquélla que desvía los rayos luminosos que a ella llegan, haciendo que se reúnan a cierta distancia. Son fáciles de reconocer, porque son más estrechas por los bordes que por su parte central.

Ver Animación 5.4. en el Cd-rom: "Sol emitiendo rayos rectilíneos que llegan a una lupa; tras atravesarla, estos rayos coinciden en un mismo punto, donde se produce fuego"

Una lupa es un ejemplo típico de lente convergente: los rayos luminosos procedentes del sol (o de cualquier otra fuente de luz) se desvían al atravesar la lupa y van a reunirse sobre un punto al otro lado. Si colocamos un papel en ese punto, observamos que el papel puede arder. ¿Qué ha ocurrido? Simplemente, la acumulación de rayos solares ha provocado un enorme aumento de la temperatura en dicho punto, provocando la combustión del papel.

La distancia a la que una lente convergente reúne los rayos luminosos puede variar, dependiendo –entre otros factores– de la proximidad ó lejanía de la fuente de luz de la que provengan. En el caso de los rayos solares, se acepta que provienen "del infinito" (realmente, vienen de muy lejos...). Llamamos **distancia focal** [**d.f.**] a la que existe desde el centro óptico de la lente hasta el punto donde convergen los rayos luminosos procedentes del infinito. La distancia o longitud focal suele medirse en milímetros (a veces también en centímetros) y nos da una idea muy exacta de la capacidad de una lente para refractar los rayos de luz.

Ver Animación 5.5. en el Cd-rom: "La misma lente convergente de la Figura 3, salvo que ahora se marca la distancia que separa su centro óptico del punto donde los rayos convergen y aparecen intermitentemente en rojo las palabras *Distancia Focal*"

Las lentes convergentes se emplean en Fotografía para crear imágenes nítidas sobre película sensible en el interior de una cámara oscura. La razón para ello está en la mayor luminosidad de la imagen formada a través de una lente convergente respecto a otra imagen similar pero formada a través de un orificio. La primera reúne un mayor número de rayos de luz sobre un mismo punto, por lo que su luminosidad es incomparablemente mayor que la de la imagen estenopeica.

Ver Animación 5.6. en el Cd-rom: "Una cámara estenopeica y otra similar pero con una lente sobre el orificio, colocadas en paralelo, forman la imagen de un rostro situado delante de ambas. La imagen de la cámara estenopeica aparece menos luminosa que la de la cámara que incorpora la lente"

Como resultado de añadir una lente a una cámara oscura, se producen otros efectos colaterales: la imagen puede ganar en nitidez, pero sólo si se forma a una determinada distancia de la lente. Además, es muy probable que los distintos elementos de la imagen aparezcan con distintos niveles de nitidez, según estén situados a mayor ó menor distancia de la cámara los objetos "originales" de los que proceden.

Ver Animación 5.7. en el Cd-rom: "Las mismas cámaras de la Figura 6. Esta vez, el motivo fotografiado es un árbol con una casa en primer plano y el sol en último plano. Se observa el efecto que produce tanto el acercamiento / alejamiento de la cámara como la variación de sus dimensiones: en la cámara estenopeica, se produce un cambio en la porción de sujeto abarcado, sin alteración en la nitidez; en la otra, se produce además una variación de la nitidez"

5.4. Evolución de las Lentes Fotográficas

La primera referencia documentada de adición de una lente convergente a una cámara estenopeica es la propuesta por Gerolamo Cardano a mediados del siglo XVI. Cardano (1.501–1.576) empleaba la cámara oscura para bosquejar imágenes de la realidad. La mejora en la luminosidad de la imagen que la lente traía consigo debió sin duda favorecer la universalización de esta herramienta de ayuda al dibujo. Grandes pintores como Vermeer (1.632–1.675) o Canaletto (1.697–1.768), entre otros muchos, se sirvieron de ella con posterioridad a Cardano. Incluso William Henry Fox Talbot (1.800–1.877), considerado el padre de la Fotografía, era aficionado a dibujar con ayuda de este tipo de utensilios. La tradición cuenta que fue precisamente su incompetencia como dibujante el detonante de su interés por desarrollar un procedimiento que permitiera a aquellos, como él mismo, negados para el dibujo la posibilidad de capturar imágenes de la realidad.

Pronto se comprobó que las lentes convergentes simples formaban imágenes de baja calidad, por lo que fueron sustituidas por grupos de lentes que, incorporando elementos convergentes y divergentes, constituían en conjunto lentes convergentes compuestas. Estas lentes compuestas, también llamadas *objetivos*, son las que hoy se emplean tanto en Fotografía como en Astronomía, Microscopía, etcétera. Las lentes simples que componen estos modernos objetivos son tratadas con materiales como el fluoruro de magnesio para mejorar sus características ópticas.

Ver Animación 5.8. en el Cd-rom: "Una lente convergente simple y un objetivo ó lente convergente compuesta en cuyo interior se observan las distintas lentes convergentes y divergentes que la forman. Dos rayos de luz atraviesan cada una de las lentes y se va observando su recorrido hasta converger en ambos casos a igual distancia de las lentes"

Se ha comparado el diseño de un objetivo fotográfico con una partida de ajedrez: en ambos casos, se trataría de acorralar al adversario, de llevarlo a un punto previamente escogido. Efectivamente, el diseñador de objetivos trata de dirigir los rayos de luz de modo que converjan en un único punto de la imagen. Además, tanto el diseñador de lentes como el ajedrecista deben ir adoptando decisiones que, a su vez, van abriéndoles nuevos interrogantes, de modo que no hay una solución única y perfecta para todos sus problemas.

El diseñador de objetivos se sirve de la experiencia, de los diseños preexistentes en el mercado, pero también de disciplinas tales como las Matemáticas, Física, Psicofísica, Teoría de la Información, Química, Ingeniería Industrial,…Como consecuencia del gran avance de todas estas ciencias, hoy pueden encontrarse en el mercado objetivos de diseño inverosímil hace apenas unas décadas.

Hasta 1.930, el diseño de un objetivo exigía cálculos matemáticos suficientes como para ocupar a varias personas durante años. Hoy en día, es impensable el diseño de objetivos sin el empleo de programas de ordenador especialmente creados para tal fin. Esto, unido a factores tales como el desarrollo de nuevos vidrios y plásticos de elevada calidad óptica o la fabricación en grandes series, ha permitido el abaratamiento de los costes de producción de los objetivos fotográficos.

5.5. Diseños Actuales de Objetivos Fotográficos

5.5.1.Objetivos estándar, teleobjetivos y angulares.

A la hora de clasificar las lentes u objetivos fotográficos, suele optarse por agruparlos según la porción de realidad abarcada. Cuando el objetivo cubre un espacio similar al que cubre el ojo humano inmóvil (aproximadamente, unos 45º de circunferencia), recibe el nombre de objetivo *estándar* o *normal*. Si el ángulo abarcado es mayor, el objetivo recibe el nombre de *angular* (o *gran angular*, si el ángulo es aún mayor). Por último, en esta clasificación simplificada reciben el nombre de *teleobjetivos* aquellas lentes cuyo ángulo abarcado es menor al de un objetivo normal.

Ver Animación 5.9. en el Cd-rom: "Tres lentes (angular, normal y tele) frente a un sujeto y el ángulo abarcado por cada una de ellas."

En la práctica, el espacio cubierto por un objetivo está ligado tanto a la distancia focal como al formato del material sensible o película fotográfica empleada. La distancia focal idónea para obtener un ángulo abarcado propio de un objetivo normal (es decir, similar al ángulo abarcado por un ojo inmóvil) debe ser aproximadamente igual a la diagonal del formato de película empleado.

Ver Figura 5.10. en el Cd-rom: "El objetivo normal de la Figura 9 junto a1 fotograma, de forma que se compruebe que la distancia focal del objetivo es igual a la diagonal del fotograma."

5.5.2. *Objetivos* ultra-gran-angulares rectilíneos y ojos de pez

Hoy en día, pueden diseñarse objetivos de distancias focales increíblemente grandes o pequeñas. Cuando la distancia focal es extremadamente pequeña, el ángulo abarcado por el objetivo es tan amplio que los objetos en primer plano pueden aparecer grandes y deformados respecto a los situados en el fondo. La deformación es producto de la necesidad de emplear una primera lente o *pupila de entrada* muy curvada, de modo que a la cámara llegue un número mayor de rayos. El resultado es un enorme incremento de la llamada *aberración esférica* (denominada a menudo simplemente *esfericidad*). La deformación es aún mayor en los bordes del campo visual.

Estos ultra-gran-angulares reciben el nombre genérico de *ojos de pez*. Suele atribuirse erróneamente dicha denominación a todos los objetivos de distancia focal reducida. Sin embargo, es posible diseñar objetivos ultracortos que no adolezcan del citado problema de esfericidad. Estos objetivos corregidos suelen denominarse *rectilíneos*, para indicar su capacidad para reproducir como tales las líneas rectas.

Todos los objetivos sufren cierta pérdida de iluminación en la periferia del ángulo abarcado. Este fenómeno es más llamativo a medida que el objetivo es más angular. Por ello, algunos gran-angulares de altas prestaciones incorporan en su parte frontal un filtro degradado circular para cuando se pretenda obtener de ellos el máximo rendimiento. Estos filtros, especialmente diseñados para cada objetivo, son más densos en el centro que en los bordes, de modo que su empleo equilibra la cantidad de luz que llega a todo el formato de película.

Ver Figura 5.11. en el Cd-rom: "Ejemplo real de un filtro circular de densidad neutra con el siguiente texto: "*Filtro circular de densidad neutra para usar con el objetivo Hasselblad 45mm 1:4. Su empleo permite corregir la pérdida de luminosidad experimentada en el borde del formato, y que el propio fabricante estima en un 50% o, lo que es lo mismo, un paso de diafragma.*"

5.5.3.*Teleobjetivos extremos* o superteleobjetivos

En aquellas actividades que requieren trabajar a larga distancia del motivo a fotografiar, tales como la fotografía deportiva ó la llamada "caza fotográfica", suele ser necesario emplear *superteleobjetivos*. Son objetivos de distancia focal muy larga capaces de cubrir una mínima porción de sujeto a gran distancia y a un tamaño aceptable.

Ver Figura 5.12. en el Cd-rom: "Ejemplo de superteleobjetivo y el siguiente pie de foto: "*Objetivo Canon 300mm 1:2'8*".

5.5.4. *Objetivos de distancia focal variable: objetivos* zoom *y objetivos* varifocales

Por otro lado, existen también objetivos compuestos por grupos de lentes capaces de cambiar longitudinalmente su posición relativa, de modo que pueda variar su capacidad para hacer converger los rayos de luz. El usuario puede optar por aumentar ó disminuir el ángulo visual cubierto por uno de estos objetivos, cuya distancia focal es, pues, variable. En la práctica, estos objetivos permiten alterar la porción de sujeto abarcada sin tener que cambiar el lugar desde el que se realiza la toma.

A estos objetivos de distancia focal variable se les denomina comúnmente *zooms*, y conviene no confundirlos con aquellos otros, menos comunes, llamados *varifocales*, que si bien pueden emplearse para captar distintos ángulos visuales, no permiten escoger más que entre 3 ó 4 posibilidades a lo largo de toda su longitud focal.

Ver Figura 5.13. en el Cd-rom: "Objetivo zoom y objetivo varifocal, con el siguiente texto: "*Si bien pueden parecer semejantes, existe una importante diferencia entre los objetivos que aquí aparecen. El de la izquierda es un zoom 35-70mm y puede emplearse para tomar fotos en cada una de las distancias focales que van desde los 35 hasta los 70mm, ambas inclusive. Por su parte, el objetivo de la derecha, si bien también un 35-70mm, es un objetivo varifocal, lo que significa que sólo puede emplearse en ciertas determinadas distancias focales entre su máxima y su mínima. Concretamente, este objetivo puede únicamente emplearse como 35mm, 50mm y 70mm*".

5.6. Objetivos para Usos Especiales

Además de la clasificación clásica de los objetivos según su distancia focal, existe otra que se atiene bien a alguna característica poco común de su diseño o bien al uso específico para el que ha sido creado. Así, puede hablarse, entre otros, de los siguientes:

5.6.1. Objetivos para ampliación o macro

Cuando se trata de reproducir un sujeto a tamaño similar o incluso mayor al real, es necesario acercarse a unos pocos cm (a veces, tan sólo a unos mm). Esto no es posible con un objetivo convencional. Es preciso entonces emplear los llamados objetivos *macro*. Estos objetivos toman su nombre de la *Fotomacrografía*, género fotográfico que consiste precisamente en realizar tomas a escasa distancia del sujeto.

Suelen ser objetivos de distancia focal normal o ligeramente superior a la normal, con una pupila de entrada más o menos plana, para reducir al máximo las deformaciones de la imagen. Además, su diseño debe ser aproximadamente simétrico, esto es, deben presentar similar número y forma de lentes a ambos lados de su centro óptico.

5.6.2. Objetivos para el control de la perspectiva o shift

Cuando es preciso evitar el falseamiento de las proporciones de un sujeto, como por ejemplo al fotografiar edificios desde una posición baja o descentrada, pueden emplearse objetivos especiales llamados *shift* ó *PC* [de "Perspective Control" o control de la perspectiva]. Estos objetivos permiten ciertos desplazamientos y basculamientos de sus lentes que facilitan en cierta medida la corrección de las líneas paralelas del sujeto que aparecen convergentes en la imagen por una posición de toma inadecuada.

Ver Figura 5.14. en el Cd-rom: "Imagen obtenida con un objetivo convencional e imagen obtenida con objetivo descentrable de idéntica distancia focal".

5.6.3. Objetivos de espejos

La adición de espejos en el diseño de un objetivo fotográfico permite reducir su tamaño y peso, sin renunciar por ello a una gran distancia focal. La calidad de la imagen suele resentirse, especialmente en las zonas luminosas desenfocadas, que aparecen típicamente como manchas de luz circulares. Los objetivos de espejos se dividen en *catadióptricos* y *catópticos*, según incorporen o no a su diseño algún elemento adicional de vidrio. Suelen ser superteleobjetivos ligeros y compactos, de abertura fija o limitada a apenas un par de valores de diafragma.

Ver Figura 5.15. en el Cd-rom: "Esquema interno de objetivos catóptico y catadióptrico, con el siguiente texto bajo cada uno de los esquemas: *"Esquema de objetivo catóptico: A: placa correctora; F: plano focal curvo (película); E: Superficie reflectante (espejo)" "Esquema de objetivo catadióptrico: A_1: Lentes correctoras de la aberración esférica; E: Superficies especulares (espejos); A_2: Lentes correctoras de la curvatura de campo; F: plano focal (película)"*

5.6.4. Otros objetivos para usos especiales

Existen otros muchos tipos de objetivos que han sido creados para operar en géneros fotográficos altamente especializados. Por ejemplo, los llamados objetivos *de foco suave* o *flou*, que presentan una limitada corrección de la aberración esférica y / o cromática. Gracias a ello, con estas lentes es posible obtener retratos más "favorecidos" del modelo.

Otros objetivos muy empleados en el campo del retrato fotográfico son los llamados *DC* o *de enfoque descentrable*, que permiten cierto control extra de la nitidez, de modo que pueda aislarse al sujeto de lo que le rodea sin recurrir necesariamente a cortas distancias de toma o grandes aberturas de diafragma.

También existen objetivos especialmente diseñados para fotografiar empleando longitudes de onda no visibles, como el UV y el IR. Por ejemplo, y para trabajar con ciertas longitudes de onda UV, es preciso emplear objetivos cuyas lentes no sean de vidrio sino de cuarzo, ya que el vidrio no transmite las longitudes de onda inferiores a los 320 nm. También existen objetivos especiales para fotografía submarina, fotografía aérea, etcétera.

5.7. Características de los Objetivos Fotográficos

Siempre se ha dicho que el eslabón fundamental en la cadena de obtención de imágenes fotográficas es el objetivo. No todos los objetivos ofrecen imágenes de igual calidad, por lo que la elección de uno u otro modelo redundará en una mayor o menor nitidez de nuestras imágenes.

Pero no conviene olvidar que el proceso fotográfico es eso mismo, un proceso, una cadena en la que de nada sirve invertir en un eslabón si no se cuida al resto de la misma forma. Dicho de otro modo, el diseño de objetivos ha evolucionado de tal modo que hoy día hasta los modelos de calidad intermedia ofrecen resultados superiores a los de la gran mayoría de ópticas empleadas en el pasado (y no digamos ya de las usadas por los pioneros de la Fotografía...). Por ello, no parece de recibo –al menos, al iniciarse en la actividad fotográfica– invertir grandes sumas en lentes de altísima calidad, especialmente si luego se va a ahorrar a la hora de elegir el material sensible o el lugar de procesado de dicho material. Parece más lógico distribuir el presupuesto disponible de un modo más uniforme a lo largo de toda la cadena de obtención de imágenes.

En la práctica, la nitidez de las imágenes fotográficas depende de los siguientes factores:

- La calidad del objetivo: corrección de aberraciones, *flare*, difracción, resolución, bokeh,...
- La precisión mecánica: enfoque correcto, planeidad de la película, ajuste preciso de la pantalla de enfoque, trepidación de la cámara...
- La calidad de registro de la emulsión: capacidad para resolver los detalles, acutancia[1], tamaño del grano, contraste reproducible, nivel de exposición, procesado...
- El sujeto de la fotografía: distancia, contraste, movimiento, iluminación, fondo, textura, color...

Veamos, de entre todos ellos, aquellos que dependen directamente del objetivo empleado.

5.7.1. Corrección de aberraciones

Es lógico pensar que un objetivo ofrecerá mayor nitidez cuanto menor sea su nivel de aberraciones residuales. Sólo algunos objetivos especialmente diseñados para retrato, los ya citados *de foco suave*, limitan la corrección de ciertas aberraciones (principalmente, el astigmatismo) para favorecer las particulares características de sus imágenes, que pretenden separarse en cierto modo de la realidad.

5.7.2. Difracción

Como ya vimos, la difracción es la pérdida de nitidez producida por la desviación de los rayos de luz que pasan próximos a un orificio. Este fenómeno, típico de las cámaras estenopeicas, es prácticamente despreciable al emplear un objetivo con una abertura intermedia o grande.

5.7.3.Flare

El flare consiste en la reducción del contraste de la imagen debida a la dispersión parcial de la luz en el interior del objetivo. Efectivamente, no todos los rayos de luz procedentes del exterior llegan a formar imagen en el plano focal. Algunos de ellos, generalmente los de trayectoria más oblicua respecto al eje óptico, pueden acabar refractándose hacia los bordes del objetivo o incluso reflejarse nuevamente hacia el exterior. Esta luz parásita provoca que la diferencia de exposición de luces y sombras se reduzca, con la consiguiente disminución en el contraste general de la imagen.

El llamado *factor de flare* puede calcularse según la siguiente fórmula:

Factor de Flare = Escala de luminosidades del sujeto / Escala de luminosidades de la imagen resultante

Los modernos objetivos emplean distintos recursos para reducir el flare a niveles mínimos. Entre estos recursos cabe citar el vidrio de alta dispersión o los recubrimientos de fluoruro de magnesio en parte o en todas sus lentes. Sin embargo, el método más eficaz para reducir el flare consiste en emplear un parasol sobre la pupila de entrada del objetivo.

Ver Figura 5.16. en el Cd-rom: ·"Ejemplo de imagen con flare"

5.7.4.Resolución y definición

La resolución es la capacidad de un objetivo para distinguir entre objetos o formas situadas muy próximas entre sí. El poder resolutivo suele expresarse en *líneas por mm*, o lo que es lo mismo, el número total de pares de líneas paralelas que un objetivo es capaz de distinguir como tales en un espacio de 1 mm.

Este dato sólo da idea del comportamiento del objetivo en una determinada situación, en condiciones (casi) teóricas, sin tener en cuenta otros parámetros más reales, como por ejemplo el contraste de la escena fotografiada. Un objetivo de gran resolución puede formar perfectamente imágenes separadas de líneas muy juntas, pero a menos que los negros y los blancos estén claramente definidos por su contraste, la impresión resultante será pobre.

Por lo tanto, suele admitirse que el conocimiento de la resolución de una lente no ofrece una guía muy fiable de la apariencia final de la imagen. Para tratar de superar esto, apareció a mediados del pasado siglo una nueva forma de evaluar la resolución. Se trata de las llamadas *Curvas FTM ó de Función de Transferencia de Modulación*. Estas curvas analizan de modo conjunto todos los elementos que intervienen en la formación de la imagen final: objetivo, película, ampliadora, papel fotográfico,...de modo que el resultado obtenido se corresponde exactamente con la realidad.

El concepto de *definición*, por su parte, es cualitativo, subjetivo, no es mensurable. Se refiere al resultado observable al comparar dos imágenes similares tomadas con sistemas ópticos diferentes.

Puede ocurrir que una imagen tomada con un objetivo de menor resolución tenga mayor definición que otra tomada con un objetivo de mayor resolución. Se trataría, pues, de adecuar el objetivo a emplear al motivo y, especialmente, al material sensible y procesado que vayan a emplearse (que pueden aumentar ó reducir el contraste original de la escena).

Por otro lado, los inevitables márgenes en el control de calidad a la hora de fabricar distintas series de un mismo objetivo pueden ofrecer resultados asombrosamente dispares entre dos lentes supuestamente gemelas.

Una muestra más de la importancia que los factores subjetivos ganan cada día frente a los a menudo fríos cálculos de la Optica tradicional ha sido la más o menos reciente aparición de un nuevo factor a estimar en el modo con que una lente es capaz de formar una imagen: el *bokeh*. Esta palabra japonesa, cuya traducción literal sería algo así como "borroso" o "senil", se aplica como un indicativo de la mayor o menor capacidad de los objetivos para rendir de modo *agradable* aquellas zonas que quedan desenfocadas en la imagen. Se trata, pues, de un factor no mensurable (al menos, al modo tradicional) y, por lo tanto, ciertamente subjetivo.

5.7.5.Luminosidad

La última característica a evaluar en una lente es su luminosidad ó relación entre la distancia focal y el diámetro de su abertura efectiva. Se expresa en *números-f*, extraña serie de números formada consecutivamente por múltiplos de 1 y de √2 (aproximadamente, 1'4). Veamos a continuación una típica serie de números-f tal y como pueden aparecer marcados en nuestro objetivo:

f-1 f-1'4 f-2 f-2'8 f-4 5'6 8 11 16 22 32 etcétera

Según lo explicado, cada uno de estos valores nos da idea de la relación existente entre la abertura física de un objetivo y su distancia focal. Es decir, que si optamos por colocar f-8 en nuestro objetivo, el diámetro de la abertura resultante será igual al cociente de dividir su distancia focal entre 8. Este dato, irrelevante en la práctica, nos sirve sin embargo para universalizar el empleo de objetivos de diferentes diámetros y longitudes focales.

Efectivamente, cualquier objetivo abierto a un determinado valor de la serie de números-f se comporta con el mismo nivel de luminosidad, no importa su tamaño o distancia focal. Esto es lo mismo que decir que todos los objetivos expondrán la película a la luz en igual cantidad siempre y cuando estén abiertos a un mismo número-f.

Por lo tanto, a la hora de tomar una fotografía, y especialmente al cambiar de un objetivo o cámara a otro u otra, no tengo que andar realizando complicados cálculos de la longitud focal o el diámetro exacto de su pupila de entrada. El número-f adecuado para exponer correctamente con un objetivo será el mismo que deba emplear con cualquier otro, no importa su tamaño ni tan siquiera el formato que cubra.

Por lo general, un objetivo es más caro cuanto mayor es su abertura máxima. La razón estriba en su capacidad para trabajar con menos luz: por ejemplo, un objetivo que abre hasta f-2 puede usarse con la mitad de luz que otro que sólo abra hasta f-2'8. La diferencia de precio entre uno y otro puede llegar a ser enorme, pudiendo el precio del primero quintuplicar el del segundo.

Tan valorada es la abertura máxima disponible en una lente que los fabricantes no dudan en salirse de la serie normalizada de aberturas de diafragma si con ello logran aumentar mínimamente la luminosidad de su objetivo. En realidad, es poco frecuente encontrar objetivos cuya máxima abertura corresponda a uno de los números-f típicos.

Por ejemplo:

No es extraño encontrar lentes de igual distancia focal cuya abertura máxima sea f-1'9 o f-1'8. Es posible que el mismo fabricante disponga asimismo en su catálogo de un objetivo que abra hasta f-2, que es la abertura normalizada más próxima a aquéllas. La diferencia de luminosidad entre las tres aberturas citadas no llega al medio paso de diafragma, lo que en términos prácticos es casi despreciable. ¿Por qué mantener en producción tres objetivos tan similares en cuanto a su luminosidad? La respuesta es bien sencilla: existe o puede existir una demanda específica para cada uno de ellos. Por ejemplo, un reportero gráfico cuya práctica diaria exige a menudo fotografiar en condiciones de luz escasa no dudará en pagar más (a veces, mucho más) por el objetivo que abre hasta f-1'8. Para él, la diferencia entre una imagen subexpuesta y otra aceptable puede depender de ese pequeño margen extra de luminosidad. Un aficionado, por su parte, optará muy probablemente por cualquiera de los otros dos objetivos, previsiblemente por el menos luminoso, sin duda mucho más económico.

Ejercicio:

Buscar y comparar las características técnicas (luminosidad máxima, peso, diseño óptico, tamaño, etc.) y el precio de varios objetivos fotográficos de igual distancia focal. Las características técnicas pueden consultarse en las páginas web de los distintos fabricantes de equipos fotográficos. En cuanto a los precios, pueden consultarse en la página web de alguna de las numerosas tiendas virtuales que, desde Internet, venden a domicilio por todo el mundo. Sirvan como ejemplos, www.adoramacamera.com o www.01bhphotovideo.com]

5.8. Cómo elegir el objetivo adecuado

Llegados a este punto, conviene aclarar una serie de cuestiones que a menudo resultan confusas y que pueden llevar a decisiones erróneas a la hora de adquirir equipo fotográfico.

5.8.1. ¿Para qué lo quiero?

En primer lugar y en líneas generales, no puede decirse que un objetivo sea mejor que otro en todos los casos y para todas las circunstancias de uso.

Habida cuenta del gran abanico de objetivos existente en el mercado, sería absurdo pensar que un objetivo que es extraordinario para hacer paisajes pueda comportarse con igual solvencia a la hora de tomar detalles cercanos. Por lo tanto, el primer paso a la hora de decidir qué objetivo u objetivos voy a comprar consiste en definir mi campo primario de acción.

A veces no es fácil, sobre todo al principio, pues queremos ser capaces de realizar todo tipo de fotografías (retratos, paisajes, detalles, etcétera), a ser posible con el menor desembolso económico posible. Esto lleva en muchos casos a la adquisición de un objetivo de distancia focal variable del tipo zoom. Se trata, como vimos, de lentes que nos permiten ajustar el encuadre, aumentando o reduciendo el tamaño de los elementos de la imagen, sin movernos del punto de vista escogido. Estos objetivos resuelven de un modo más o menos económico el problema de tener que optar por varias lentes diferentes para realizar fotografías de índole diversa. Por ejemplo, y para el formato 135, con un zoom de distancia focal 28-85mm puedo obtener desde amplios paisajes hasta retratos. Su ligereza, economía y comodidad de uso son factores altamente apreciados por los usuarios de este tipo de lentes, entre quienes figuran los fotógrafos ocasionales y aquellos que se dedican, incluso profesionalmente, a la fotografía de viajes. No es extraño, pues, que muchos fabricantes hayan sustituido el clásico objetivo de distancia focal normal por otro de tipo zoom como el acompañante ideal de la cámara en los equipos SLR de iniciación e incluso en los modelos que no permiten cambiar de objetivo, tales como las cámaras compactas y digitales de gama media y baja.

Sugerencia:

Sin embargo, a los objetivos zoom se les ha achacado tradicionalmente una supuesta peor calidad óptica que la de sus "hermanos" de focal fija. Además, suelen ser poco luminosos y, lo que es peor, su luminosidad suele ser diferente para cada una de las distancias focales cubiertas.

Por lo que respecta a las dos primeras cuestiones, actualmente existen en el mercado objetivos zoom altamente corregidos y capaces de abrir hasta f-2'8, de modo continuo a lo largo de todo su rango focal. Algunos, incluso, permiten enfocar a menor distancia de lo que por su longitud focal sería previsible. Se trata, como es lógico, de objetivos de precio elevado, a veces superior al de dos o tres objetivos de focal fija, por lo que su elección no suele ser una mera cuestión de economía, sino más bien de comodidad de uso.

Es lógico deducir que un zoom poco luminoso, de abertura máxima variable y adquirido por muy poco dinero (a veces, incluso regalado al comprar un cuerpo de cámara SLR, pues no hay apenas diferencia entre comprar sólo el cuerpo o hacerlo junto con el objetivo ofertado), no ofrecerá un rendimiento comparable al de un objetivo de distancia focal fija de calidad media. Pero un buen objetivo zoom puede sobradamente mejorar las prestaciones de muchos objetivos de focal fija, incluso de gama alta.

No es necesario insistir en que, a la hora de cuestionarse el campo en que se va a desarrollar nuestra actividad fotográfica, y siempre que la respuesta se circunscriba casi estrictamente a un tipo muy definido de imágenes, convendrá optar por una lente específicamente diseñada para el tipo de fotografía que vayamos a realizar. Por ejemplo, un restaurador de bienes culturales escogerá un objetivo de distancia focal normal o ligeramente tele, específicamente diseñado para dar su mayor rendimiento a corta distancia (objetivo macro). Por su parte, un aficionado a la fotografía de paisaje optará por un objetivo que le asegure un amplio ángulo de cobertura, es decir, un angular más o menos extremo, o bien una cámara de formato panorámico.

5.8.2.Objetivos y Calidad de Imagen

Una vez definido el uso que vamos a dar a nuestro o nuestros objetivos, deberemos abordar otro punto que suele llevar a equívocos. Se trata de escoger de entre todos los objetivos similares que satisfagan nuestras necesidades, y dentro de nuestras posibilidades presupuestarias, aquél o aquellos que nos ofrezcan una *calidad* de imagen *suficiente*. Aunque se trata de una cuestión altamente compleja, trataremos en lo posible de establecer parámetros que nos ayuden a discernir una solución acertada.

En primer lugar, cabe interrogarse nuevamente por la motivación de nuestra actividad fotográfica. ¿Se trata de cubrir los ratos de ocio o de cumplir con una tarea profesional? Responder a esto puede ayudarnos a valorar si realmente merece la pena hacer un desembolso mayor por un objetivo más luminoso o mejor corregido.

Pero la pregunta fundamental será aquélla que ya nos planteábamos cuando, a la hora de escoger nuestra cámara, debíamos optar por uno u otro formato: ¿cuál es el mayor tamaño de imagen final que pienso emplear?

Veamos un ejemplo. Un fotógrafo aficionado típico suele trabajar con negativos que amplía a un tamaño de 10 x 15cm o bien 13 x 18cm. En todo caso, rara vez encarga copias de tamaño superior a 30 x 40cm. Este individuo acostumbra a procesar su material en un laboratorio industrial o un *minilab* de una gran superficie comercial.

Pues bien, sería absurdo que dicho aficionado invirtiera en un objetivo de altísima calidad óptica, pues a un tamaño de copia tan reducido la diferencia en la calidad de las imágenes es difícil de apreciar, especialmente si el procesado no se lleva a cabo del modo más profesional.

Hará mejor, pues, el citado aficionado si opta por un objetivo de peor calidad e invierte la cantidad ahorrada en procesar su película en un laboratorio profesional.

Otro ejemplo:

Si dudamos entre varios modelos de cámaras digitales, debemos plantearnos cuál es el uso que pensamos dar a nuestras imágenes. Si tan sólo pretendemos realizar fotos para enviarlas por Internet a nuestros amigos y familiares, resultaría absurdo invertir una elevada cantidad en una cámara que ofrezca la posibilidad de obtener ficheros de varios Mb de tamaño. [La cuestión de la distancia focal del objetivo sería aquí menos relevante. En todo caso, convendría no quedarse cortos en el ángulo abarcado, siempre y cuando podamos acceder a algún programa de tratamiento de imagen que nos permita recortar una porción de ésta, de modo que se reduzca el ángulo abarcado (tal y como haría un teleobjetivo).]

5.8.3. Calidad de Imagen y Abertura de Diafragma

Por lo general, un objetivo no ofrece su mejor calidad de imagen ni a plena abertura ni a su abertura mínima.

A plena abertura, se emplea la totalidad de las lentes en la formación de la imagen. Esto hace que la superficie o superficies donde los rayos de luz deben refractarse sean más curvas, menos planas, lo que facilita la aparición de aberraciones y reduce la calidad final. Al cerrar el diafragma, la tendencia es a disminuir la porción de lente empleada para la formación de la imagen. Ya sólo se emplea la parte central, lo que limita la aparición de aberraciones, mejorando la calidad. Pero esto tiene un límite: si la reducción es excesiva, el número de rayos de luz que pasan junto a los bordes del diafragma es proporcionalmente mayor respecto al de los que pasan por el centro. Aparece la difracción, y con ella, se produce nuevamente una merma en la calidad de la imagen.

A partir de aquí, es fácil deducir que la mejor abertura posible es una intermedia –ni muy abierta ni muy cerrada– y que ésta no es la misma para todos los objetivos, sino que dependerá, entre otros factores, de las aberturas máxima y mínima que dicho objetivo ofrezca. Es un error, pues, atribuir –como hacen algunos– a todos los objetivos una abertura mágica a la que todos ellos ofrecerán su mejor rendimiento.

Ver Figura 5.17. en el Cd-rom: *"Aquí puede apreciarse cómo afecta el diafragma seleccionado a la calidad de la imagen. En este caso, y para un objetivo concreto, la abertura que presenta la mejor calidad de imagen sería f-11, pues aunque a dicha abertura la lente presenta ciertos problemas de difracción, la cantidad de aberraciones residuales es mínima, por lo que la suma de ambos factores negativos es la menos mala de las posibles."*

Tampoco es cierto que, pese a su mayor precio, un objetivo más luminoso ofrezca mayor calidad de imagen que uno similar pero menos luminoso. Son parámetros que no van necesariamente unidos y deberemos optar por aquél que ocupe el primer lugar en nuestro orden de prioridades.

Para acabar de complicar nuestra elección, un objetivo puede ofrecer imágenes de mayor calidad que otro a ciertas aberturas y peores a otras...

5.8.4.Elección del Objetivo y Punto de Vista Adecuados: un Caso Práctico

Un último aspecto nos queda por tratar: ¿qué objetivo debo escoger para realizar una foto determinada? Pues bien, suponiendo que tengamos perfectamente previsualizada nuestra imagen y que dispongamos de un arsenal completo de objetivos de focales diferentes, resultará relativamente sencillo escoger de entre todos ellos el que mejor se adapta a nuestro propósito. Bastará con colocar la cámara a una distancia equivalente a 5 veces la profundidad de campo deseada. Una vez hecho esto, optaremos por el objetivo cuya distancia focal nos permita llenar el formato con el sujeto.

Veamos un ejemplo:

Quiero realizar un retrato en el que aparezca la cabeza de una persona completamente nítida. La profundidad de campo aproximada deberá ser de unos 30cm, que es lo que aproximadamente puede medir una cabeza humana desde la punta de la nariz a la nuca. Por lo tanto, deberé colocar la cámara a 1'5m de distancia respecto a mi modelo (30cm x 5 = 150cm). Una vez hecho esto, seleccionaré el objetivo que mejor se ajuste al encuadre que quiero lograr. Como es lógico, la distancia focal escogida dependerá del formato empleado.

Bibliografía Específica sobre el Tema V:

WWW:

http://www.ran.es/personal/felix/optica.html
[Página en español que de forma amena y muy completa explica los fundamentos de la Optica Fotográfica]

http://www.minox.org/bokeh.html
[La página web del fabricante alemán de cámaras de formato miniatura Minox incluye un interesante artículo sobre *bokeh*]

LIBROS:

COX, Arthur: *Óptica Fotográfica*. Barcelona, Omega, 1979.

EASTMAN KODAK COMPANY:
La Fotografía de Primeros Planos. Publicación Kodak KW-22, Barcelona, Folio, 1988.

Close Up Photography & Photomacrography. Publicación Kodak N-12, Rochester, 1974 [2ª edición, 1ª edición de 1969].

RAY, Sidney F.: *Applied Photographic Optics: Imaging Systems for Photography, Film & Video*. Londres , Focal Press, 1988.

Las Lentes y sus Aplicaciones. Andoain, Escuela de Cine y Vídeo, 1993

ARTÍCULOS:

GAINER, Patrick A.: *Hazards of the Grain Focuser*. *Photo Techniques*, vol. 18, Número 1, enero/febrero 1997.

GRAD, Oren: *Notes on the Terminology of Bokeh*. *Photo Techniques*, vol. 18, Número 3, mayo/junio 1997.

KENNERDELL, John: *What is Bokeh? Photo Techniques*, vol. 18, Número 3, mayo/junio 1997.

MERKINGLER, Harold: *A Technical View of Bokeh*. *Photo Techniques*, vol. 18, Número 3, mayo/junio 1997.

PRICE, William: *Objetivos Fotográficos*. La Ciencia de la Luz. Madrid, Prensa Científica, 1998.

Apéndice: FUNDAMENTOS DE OPTICA

Distancia Focal: Teoría y Aplicaciones

Si conocemos la distancia focal de una lente, podemos prever el lugar y tamaño a que ésta formará la imagen de cualquier objeto, así como el límite de proximidad al que podemos situarnos de dicho objeto sin perder la capacidad de enfocarle nítidamente. Pero vayamos por partes.

En primer lugar, ¿qué significa, por ejemplo, que un objetivo tenga 50mm de distancia focal? Pues, simplemente, que hay 50mm de separación entre el centro óptico del objetivo y el plano tras éste donde se formará la imagen nítida del objeto más lejano que pueda imaginarse. A medida que se reduzca la distancia entre cámara y objeto, éste formará su imagen a mayor distancia por detrás del objetivo, y, por lo tanto, dicha imagen será cada vez de mayor tamaño.

Ver Animación 5.18. en el Cd-rom: *"Ejemplo de formación de imágenes por un objetivo de 50mm de distancia focal. Obsérvese cómo la imagen será mayor a medida que el objeto se acerca a la cámara. Asimismo, obsérvese cómo la imagen del objeto [flecha] se forma invertida."*

En todo caso, la imagen aparecerá invertida, tanto lateral como verticalmente y –a menos que empleemos algún recurso externo adicional– nunca a una distancia superior al doble de la focal del objetivo empleado. Es decir, que para el caso citado de un objetivo de 50mm, la imagen del objeto más cercano que podamos enfocar –y, por lo tanto, la mayor imagen nítida posible de dicho objeto– se obtendrá colocando la película fotográfica a una distancia de 100mm por detrás del centro óptico del objetivo.

Por su parte, un objetivo cuya distancia focal sea de 135mm formará la imagen de cualquier objeto lejano a un mínimo de 135mm por detrás de su centro óptico. Todo objeto situado a menor distancia, formará su imagen algo más atrás de ésos 135mm, siendo 270mm el límite extremo al que se formará la imagen del objeto más cercano que sea posible enfocar nítidamente.

Ver Animación 5.19. en el Cd-rom: *"Ejemplo de formación de imágenes por un objetivo de 135mm de distancia focal. Compárese con la Figura 23 y*

obsérvese cómo al emplear un objetivo de mayor distancia focal, el tamaño de las imágenes es siempre y para cada caso, mayor."

Si bien esta serie de cálculos puede ser innecesaria cuando se realizan tomas convencionales (aquéllas en que el sujeto no está ni muy cerca ni muy lejos), se hace necesaria su comprensión a la hora de fotografiar a gran tamaño detalles de sujetos muy próximos.

Relación entre Distancia Focal y Formato Empleado

Es fácil deducir que la distancia focal de un objetivo estándar deberá ser mayor o menor según lo sea la diagonal del formato empleado. O lo que es lo mismo, un objetivo con una distancia focal determinada se comportará como normal, angular o tele según el formato de película con que se emplee.

Ver Figura 5.20. en el Cd-rom:"Aparece indicada la distancia focal del objetivo (50mm), así como las medidas exteriores (24mm x 36mm) y diagonal (43mm) del fotograma. "

Veamos el siguiente **ejemplo:**

El formato de película fotográfica más empleado, el llamado *paso universal* o *formato 135*, consiste en rollos de un número variable de fotogramas rectangulares cuyas dimensiones son 24 x 36mm. La diagonal del formato es, pues:

$$\sqrt{24^2} + \sqrt{36^2} = 43\text{mm} .$$

Por lo tanto, un objetivo normal para dicho formato deberá tener una distancia focal próxima a 43mm. En la práctica, los objetivos estándar para el formato 135 suelen tener 50mm de distancia focal, pero esta diferencia es apenas apreciable.

Ahora bien, si cambiamos de formato de película y pasamos a emplear el llamado *formato medio* (conocido como *formato 120* o *220* según la longitud

del rollo), cuyos fotogramas –de tamaño variable– son como mínimo de 45 x 60mm, veremos que necesitamos un objetivo más largo para cubrir el mismo ángulo que cubría nuestro 50mm en el formato 135. Efectivamente, la diagonal del formato es ahora de:

$$\sqrt{45^2} + \sqrt{60^2} = 75\text{mm}$$

Esto significa que necesitamos un objetivo de 75mm de distancia focal para cubrir en el formato medio la misma porción de sujeto que cubre un 43mm en el formato 135.

Ejercicio:

Calcular la focal necesaria para un objetivo estándar que cubra el formato 9cm x 12cm

Solución Correcta:

$$\sqrt{90^2} + \sqrt{120^2} = 150\text{mm}$$

Por otro lado, y lógicamente, el objetivo de 75mm aplicado al formato 135 se comportaría como un tele, abarcando una menor porción de sujeto que uno normal. Asimismo, el objetivo de 43mm se convierte en angular cuando se le emplea con película de formato medio. A continuación, pueden observarse las equivalencias aproximadas entre objetivos de distintas longitudes focales según se empleen con uno u otro formato de película.

Ver Figura 5.21. en el Cd-rom:"Cuadro de distancias focales y ángulos abarcados en los distintos formatos."

Ver Figura 5.22. en el Cd-rom:" Fotografías que muestren distintas porciones de un mismo sujeto a partir del empleo de diferentes distancias focales (formato 135)"

En el caso de las cámaras digitales, y a la hora de calcular el ángulo abarcado por el objetivo, se sustituye en los cálculos el formato de la película por el del dispositivo de captación de imagen que emplee nuestra cámara (CCD o CMOS). Estos dispositivos suelen ser de menor tamaño que los formatos más comunes de película fotográfica, por lo que la distancia focal de los objetivos de las cámaras digitales suele ser menor que la de los objetivos de las cámaras analógicas.

Ejercicio:

Calcular la distancia focal necesaria para un objetivo estándar que cubra un CCD de 16mm x 23mm

Solución Correcta:

$$\sqrt{16^2} + \sqrt{23^2} = \quad 28\text{mm}]$$

En aquellos sistemas fotográficos réflex (SLR) de gama alta que permiten utilizar lentes intercambiables de modo indistinto con cuerpos de cámara digitales y analógicos es corriente comprobar cómo todo objetivo reduce su ángulo abarcado al pasar de usarse en una cámara analógica a otra digital. Esto se debe al menor tamaño del dispositivo de captación digital en relación a los formatos de película convencional).

Ver Figura 5.23. en el Cd-rom:"Ejemplo comparativo del tamaño de distintos formatos de captación de imagen, tanto digital (1/2 pulgada y Fujifilm S1 Pro) como analógico (APS –H y 135). Acompañar del siguiente texto: *"Comparación del tamaño de distintos captadores de imagen."*

Aberraciones

A los defectos de las imágenes formadas por lentes se les denomina comúnmente *aberraciones*. Se distinguen los siguientes tipos:

Aberración Cromática: Consiste en la dispersión de la luz blanca al atravesar una lente. Puede ser *lateral ó axial*. Se debe al distinto grado de refracción de las distintas longitudes de onda al cambiar de medio. Provoca la formación de franjas coloreadas en la imagen. Puede corregirse combinando vidrios con diferente índice de refracción. Según su corrección para estas aberraciones, se habla de objetivos *anacromáticos* (sin corrección), *acromáticos* (corregidos a dos colores: normalmente azul y amarillo) y *apocromáticos* (corregidos a tres colores: azul, verde y rojo).

Aberración Esférica: Al llegar a una lente, los rayos de luz se refractan en diferente grado según el ángulo con el que incida cada uno de ellos en la superficie curva de la lente. Esto hace que el punto donde los rayos debían coincidir exactamente se convierta en un área más o menos extensa, provocando una reducción de la nitidez de la imagen. A este defecto se le conoce como aberración esférica o *esfericidad*. Para reducir el problema podemos diafragmar, de modo que sólo empleemos los rayos que pasan por el centro del objetivo. En la actualidad, se ha reducido el problema con el empleo de *lentes asféricas*.

Coma: Al igual que la aberración esférica, también el coma se debe a la esfericidad superficial de la lente. Dicha esfericidad provoca que las imágenes que se forman lejos del eje óptico no sean puntuales sino asimétricas, adoptando una forma similar a la cola de un cometa.

Astigmatismo: Su nombre deriva del griego [*a-* (sin) *-stigma* (marca)] y significa "que no llega a ningún punto". Al igual que el coma, afecta a la formación de la imagen de aquellos puntos situados fuera del eje óptico. Se define como *la incapacidad de una lente para formar una imagen puntual de un punto alejado del eje óptico*. En su lugar, las lentes que adolecen de este defecto forman líneas cortas en planos focales distintos. El efecto visual es el de líneas horizontales borrosas junto a verticales nítidas, ó viceversa. Las lentes corregidas para esta aberración reciben el nombre de *anastigmáticas*.

Curvatura de Campo: Incapacidad de una lente para formar la imagen de un objeto plano sobre un plano focal realmente plano. Esta aberración es la responsable de que el centro de las fotografías sea más nítido que los bordes.

Distorsión: Incapacidad de una lente para mantener el mismo aumento en todo el plano de la imagen. El aumento varía con la oblicuidad de los rayos incidentes, provocando que las líneas rectas aparezcan curvadas hacia el centro (lo que se denomina vulgarmente *efecto cojín ó acerico*) ó hacia el borde de la imagen (*efecto barrilete*).

Bokeh

Las características inherentes a cada lente (resolución, contraste, corrección de aberraciones, tipo de diafragma, número y disposición de elementos ópticos,…) provocan las consiguientes diferencias en la calidad de las imágenes creadas por unas u otras. Esto no sólo es cierto para las zonas nítidas de la imagen: también para las porciones fuera de foco.

La transición entre los planos nítidos y desenfocados puede ser muy distinta en lentes similares en calidad general. Los japoneses llaman *bokeh* a la forma en que cada lente reproduce las zonas del sujeto situadas fuera de foco.

La idea del bokeh está íntimamente ligada a la tradición oriental, que valora el espacio negativo, vacío alrededor del sujeto, en igual medida que al propio sujeto. La cultura fotográfica japonesa (y poco a poco, también la occidental) valora enormemente la forma en que cada lente reproduce las zonas desenfocadas de la escena, prefiriéndose por lo general aquellos objetivos que presentan menores estridencias en los planos borrosos. Pese a todo, parece lógico pensar que el bokeh no es un parámetro fundamental a la hora de diseñar un objetivo, sino más bien un resultado de las sucesivas decisiones adoptadas al tratar de dar con la fórmula de un buen (y barato) diseño óptico.

El bokeh puede apreciarse simplemente mediante la observación de un punto de luz desenfocado, rodeado de una zona más oscura.

Ejemplos:

Un ejemplo de (mal) bokeh lo constituyen los anillos que se forman en las altas luces desenfocadas de las imágenes formadas por objetivos catadióptricos, y que son debidos al obstáculo (espejo) central[1].

Otro ejemplo de bokeh indeseable suele ser la reproducción de líneas individuales desenfocadas como pares de líneas. Los grandes teleobjetivos y los de construcción retrofoco ó zoom suelen adolecer de estas características, despreciadas por los fanáticos del bokeh.

Por el contrario, ciertos objetivos son especialmente elogiados por su capacidad para rendir altas luces puntuales desenfocadas sin un excesivo contraste respecto a zonas adyacentes. Se trata, por lo general, de diseños clásicos, derivados de Gauss ó simétricos.

En todo caso, no hay una forma estandarizada de medir el bokeh y no puede inferirse el dato a partir de las curvas MTF de la lente.

Ver Figura 5.24. en el Cd-rom:"Ejemplo de imagen que muestra un bokeh agradable"

Fotomacrografía

La Fotomacrografía es el campo de la Fotografía que abarca la llamada "fotografía de acercamiento", esto es, todas aquellas imágenes realizadas a menor distancia del sujeto de la que es posible emplear con un objetivo convencional de cualquier distancia focal.

Objetivos *Macro*

Un objetivo convencional no puede reproducir nítidos los objetos situados a una distancia menor de unas (aproximadamente) diez distancias focales. Es decir, con un objetivo cuya distancia focal sea de 50mm el límite de enfoque próximo estará en torno a los 50cm. Lógicamente, al aumentar la distancia focal del objetivo empleado, el límite de foco próximo o distancia mínima de enfoque también crece.

Esto hace que para realizar primerísimos planos sea preciso emplear un objetivo especial que nos permita acercarnos más al sujeto sin perder la nitidez de enfoque. Estos objetivos se denominan comúnmente "objetivos macro" y, al permitirnos una mayor aproximación al sujeto, nos proporcionan la posibilidad de obtener imágenes de mayor tamaño sin necesidad de recurrir a la posterior ampliación de nuestro original de cámara.

Fotomacrografía, Fotomicroscopía y Fotomicrografía

El llamado *factor de ampliación* o relación de aumento entre el objeto original y su imagen fotográfica es un dato indicativo de si estamos o no trabajando en Fotomacrografía. Toda imagen que en cámara tenga una relación de ampliación entre x0'1 y x10 respecto al tamaño real del sujeto fotografiado pertenece al campo de la Fotomacrografía. Para obtener una relación de aumento mayor, necesitamos emplear un microscopio: estaremos hablando ya de *Fotomicroscopía*.

Por su parte, la *Fotomicrografía* no es sino la reproducción mediante técnicas fotográficas de documentos más ó menos grandes en soportes muy reducidos (tales como microfilms o microfichas), que requieren de algún medio de ampliación posterior para su visionado.

A menudo suelen confundirse estos tres conceptos, empleándose erróneamente. Para colmo de males, es también frecuente emplear indistintamente términos como "Macrofotografía" o "Microfotografía" para referirse a la Fotomacrografía y Fotomicrografía. Conviene aclarar de una vez por todas que una "macrofotografía" no es más que una "foto muy grande" y una "microfotografía" una "foto muy pequeña", sin entrar a valorar el factor de ampliación respecto al sujeto fotografiado del negativo o diapositiva empleados en la toma.

Fuelles y Tubos de Extensión

Aparte del empleo de un objetivo macro, otra opción para realizar fotomacrografías consiste en emplear algún accesorio que, añadido a nuestro objetivo, permita a éste enfocar nítidamente los objetos muy cercanos. Estos accesorios pueden dividirse en dos grandes grupos: los que se insertan entre el objetivo y la cámara; y los que se colocan por delante del objetivo.

Al primer tipo corresponden los fuelles y tubos (o anillos) de extensión (o aproximación). Al aumentar la distancia entre el objetivo y la película, permiten que los rayos provenientes de los objetos muy cercanos puedan converger "a tiempo", formando una imagen nítida sobre el plano focal.

Ver Animación 5.25. en el Cd-rom:"Ejemplos de fuelle y tubo de extensión, y de cómo su empleo alarga la trayectoria de la luz en el interior de la cámara, permitiendo el enfoque en sujetos próximos"

Este tipo de accesorios no provoca merma en la calidad de la imagen, ya que no son más que "túneles vacíos" por donde la luz pasa sin cambiar su trayectoria. Ahora bien, como sabemos por la *Ley del Cuadrado Inverso*, este aumento en la distancia objetivo-imagen provoca una reducción en la iluminación que recibe la película: a una distancia doble de la focal, por ejemplo, la iluminación se reduce hasta una cuarta parte de la original.

Dado que los exposímetros indican la exposición correcta *suponiendo que el objetivo se encuentre aproximadamente a una distancia focal respecto del plano de imagen*, al utilizar este tipo de accesorios y siempre que no se emplee un sistema de medición de la exposición a través del objetivo (TTL), será necesario realizar algún ajuste en la exposición, de modo que ésta no resulte insuficiente.

Lentes suplementarias

El otro gran grupo de accesorios para Fotomacrografía lo constituyen las llamadas lentes suplementarias convergentes o positivas. Su empleo permite reducir la distancia focal efectiva del objetivo empleado, lo que posibilita la toma de imágenes a menor distancia del motivo sin necesidad de fuelle. El empleo de lentes suplementarias convergentes no reduce la luminosidad de la imagen.

Ver Animación 5.26. en el Cd-rom:"Ejemplo de lente de aproximación, y de cómo su empleo acorta la distancia a la que convergen los rayos de luz, permitiendo el enfoque de sujetos próximos en el interior de la cámara"

Fichas

Zoom Optico y Zoom Digital

Algunas cámaras digitales incorporan la posibilidad de reencuadrar una porción central de la imagen, de dimensiones más o menos variables. De este modo, durante la captación se reduce el tamaño del archivo, recortando aquellas partes del sujeto que no nos interesan y evitando el tratamiento posterior de la imagen. A esta función se le denomina *zoom digital* y no debe confundirse con lo comentado anteriormente acerca de los objetivos de distancia focal variable.

Suplementos Ópticos Afocales

Existe un modo económico para alterar el ángulo de cobertura de un objetivo cualquiera. Se trata de emplear alguno de los diversos suplementos ópticos que el mercado ofrece a tal fin. Efectivamente, pueden adquirirse lentes o grupos de lentes convergentes o divergentes que, situados sobre el objetivo o bien entre éste y el cuerpo de la cámara, aumentan o reducen la convergencia de los rayos y, por tanto, el ángulo visual del objetivo con el que se combinen.

Son los llamados *teleconvertidores* y *convertidores-gran-angulares*. Los primeros, como su nombre indica, aumentan la distancia focal del objetivo al que se acoplan. El factor de multiplicación de la focal suele ser de x1'4 o bien de x2 y la luminosidad de la imagen formada suele reducirse en la misma medida (es decir, en uno y dos pasos de diafragma, respectivamente). Por lo que respecta a los convertidores-gran-angulares, éstos reducen la distancia focal del objetivo en un factor variable, que suele estar en torno al x0'4 o el x0'8. De este modo, si se acopla uno de estos suplementos ópticos a un angular convencional, puede obtenerse un ojo de pez. Estos reductores de la longitud focal, a diferencia de sus "hermanos" teleconvertidores, no reducen la cantidad de luz que llega a la película, por lo que no es necesario realizar ajustes en la exposición cuando se les emplea.

Normalmente, la calidad de la imagen se ve afectada negativamente por el empleo de todos estos suplementos.

Ver Figura 5.27. en el Cd-rom: "Ejemplo de teleconvertidor y convertidor-gran-angular, con indicación de sus características: factor de ampliación o reducción de la distancia focal y factor de pérdida de iluminación (donde proceda)"

VI. Control de la Nitidez

6.1. Borrosidad y Nitidez

Como recordará, las imágenes que se forman en el interior de una cámara oscura presentan igual nitidez en todos los elementos que las integran. La adición de un objetivo a la cámara aumenta la luminosidad de la imagen por la convergencia de muchos rayos provenientes del sujeto. Estos rayos deben dirigirse adecuadamente, de modo que converjan en el lugar propicio sobre el plano que ocupa la película. De lo contrario, cada uno de ellos formará su imagen en un sitio diferente, provocando una sensación general de borrosidad. Decimos que una imagen está *desenfocada* cuando cada punto del sujeto está representado en la película por manchas o discos circulares de luz superpuestos. Para evitar su formación, es preciso ajustar la convergencia de los rayos de luz. A esto lo llamamos *enfocar* y consiste ni más ni menos que en acercar o alejar el plano focal respecto del objetivo, hasta lograr que todos los rayos luminosos procedentes del sujeto coincidan sobre un mismo punto en la película.

Ver Animación 6.1. en el Cd-rom:"Esquema de la formación de una imagen en el interior de una cámara fotográfica; se observa cómo el objetivo cambia de distancia de enfoque y cómo esto provoca un cambio en los planos nítidos de la imagen formada en el interior de la cámara"

Cuanto más lejos esté el plano focal de la posición de foco nítido para un sujeto concreto, mayores serán los discos de luz provocados por dicho sujeto. Las grandes luces de un fondo desenfocado, por ejemplo, provocan enormes discos de luz que destacan del sujeto enfocado en primer plano.

Afortunadamente, el ojo humano tiene un poder de resolución limitado. Una imagen puede parecernos perfectamente enfocada cuando, en realidad, no es más que un conjunto de manchas de luz. Esto nos ofrece cierta tolerancia a la hora de enfocar correctamente.

6.2. Profundidad de Foco

Con tal que un punto del sujeto esté representado por una mancha de luz lo suficientemente pequeña para que nuestro ojo la acepte como un punto, no es necesario que el enfoque sea exacto. Por ello, podemos mover la película a ambos lados del plano de enfoque inicial, siempre que no traspasemos el límite de resolución de nuestra visión. Esta latitud en el desplazamiento es lo que se conoce por *profundidad de foco* y puede definirse del siguiente modo:

Distancia a lo largo del eje óptico en la cual puede moverse el plano focal sin que la imagen de un punto nítido del sujeto adquiera un aspecto visiblemente borroso.

Si nos imaginamos 2 conos colocados horizontalmente, tocándose por sus vértices, podemos simular la profundidad de foco por la distancia en que podría desplazarse un pequeño anillo a lo largo de los conos hasta quedar encajado en uno de ellos.

Ver Animación 6.2. en el Cd-rom: "Ejemplo de lo descrito más arriba"

6.3. Profundidad de Campo

Llamamos *profundidad de campo* a la distancia comprendida entre los puntos más próximo y más lejano de la escena a fotografiar reproducidos nítidamente en un mismo plano focal.

En condiciones normales de toma, la profundidad de campo se extiende de modo distinto a ambos lados del plano enfocado en el sujeto: un tercio de la profundidad de campo queda por delante y dos tercios por detrás. Sólo cuando se trabaja a una distancia de enfoque mínima (como en *Fotomacrografía*) la profundidad de campo se reparte por igual a ambos lados del plano de enfoque.

Veamos ahora una serie de ejemplos que nos servirán para aprender a controlar la profundidad de campo de nuestras imágenes.

Ver Figuras 6.3.1. y 6.3.2. Cd-rom: "Imágenes idénticas salvo por su profundidad de campo, tomadas con diferentes aberturas"

Observe estas imágenes cuidadosamente. Ambas están realizadas consecutivamente en el mismo lugar, enfocando a igual distancia y desde el mismo punto de observación. Sin embargo, una de ellas muestra mayor profundidad de campo que la otra. Para obtener dicha imagen hemos empleado una reducida abertura de diafragma. Por el contrario, la otra imagen sólo muestra detalle en el plano del sujeto sobre el que hemos enfocado. Esto es así porque para realizarla hemos abierto el diafragma al máximo.

Ver Figuras 6.4.1. y 6.4.2. Cd-rom: " Imágenes similares salvo por su profundidad de campo, tomadas con diferentes objetivos"

Estas dos imágenes también han sido tomadas en el mismo sitio y a la misma hora, enfocando al mismo punto y esta vez, además, hemos empleado la misma abertura de diafragma para ambas. La única diferencia ha sido el empleo de un objetivo de distancia focal diferente para cada imagen. Si comparamos la profundidad de campo, veremos que es mayor en la fotografía que muestra un mayor ángulo visual. Es decir, que cuanto menor es la distancia focal del objetivo empleado, mayor será la profundidad de campo de nuestras imágenes.

Ver Figuras 6.5.1. y 6.5.2. Cd-rom: "Imágenes similares salvo por su profundidad de campo, tomadas con diferentes planos de enfoque"

El último factor que estudiaremos a la hora de evaluar la profundidad de campo será la distancia de enfoque. Cuanto más lejos enfoquemos, mayor será la profundidad de campo de nuestras imágenes. Observa las 2 fotografías. Su única diferencia estriba en haber sido tomadas enfocando a diferente distancia (en la primera, a un objeto situado en primer plano; en la otra, hemos enfocado *a infinito*). Pues bien, resulta obvio que la segunda imagen muestra nitidez en un mayor número de planos que la primera. Esto no implica necesariamente que al enfocar más atrás todos los elementos de la imagen queden nítidos. Lo que sí es cierto es que con ello lograremos más planos nítidos que si enfocáramos más cerca.

Resulta de enorme utilidad interiorizar todo lo comentado, pues ello nos permitirá escoger adecuadamente la abertura de diafragma, el objetivo y hasta la distancia de enfoque necesarios para reducir o aumentar los planos nítidos de nuestras imágenes.

Por ejemplo:

Para realizar un retrato de un sujeto de forma que aislemos a éste de cualquier detalle desagradable que pueda haber a su alrededor, optaremos por un objetivo de distancia focal más o menos larga (un 105mm, por ejemplo) y una abertura más o menos grande (f-4). De este modo, la profundidad de campo se reducirá a tan sólo los pocos planos que ocupa en profundidad su cara. Cuando se desee reducir aún más la profundidad de campo, se optará por una distancia focal aún mayor (200mm o más), una abertura aún mayor (f-2'8) y una distancia de enfoque lo más cercana posible.

Ver Figuras 6.6.1. y 6.6.2. Cd-rom: " Ejemplo de los 2 casos citados"

Si, por el contrario, lo que buscamos es obtener una gran profundidad de campo, deberemos optar por un angular (28mm o incluso más angular), una abertura mínima (f-16 o aún más cerrada) y una distancia de enfoque lejana.

Ver Figura 6.7. Cd-rom: "Ejemplo de imagen con gran profundidad de campo"

Curiosamente, no es necesario enfocar a infinito para obtener la máxima profundidad de campo, ya que al repartirse ésta a ambos lados del plano de enfoque, parte de ella se perdería "por detrás del infinito". Cuando se precise obtener la máxima profundidad de campo, habrá que enfocar a una distancia lejana pero no tanto como el infinito: es la llamada *distancia hiperfocal*.

6.4. Sistemas de Enfoque

Son diversos los modos en que un equipo fotográfico puede calcular la distancia de enfoque a la que se está trabajando, de modo que el fotógrafo pueda saber qué planos del sujeto aparecerán nítidos en la imagen y cuáles borrosos. Las cámaras más simples, compactas de visor directo y objetivo fijo sin posibilidad de enfoque, suelen llevar un diafragma fijo más o menos pequeño, de modo que se asegure cierta profundidad de campo en toda ocasión. Asimismo, estas cámaras suelen ir preenfocadas a la hiperfocal, de modo que se maximice la profundidad de campo en todas las tomas.

Existen también cámaras de visor directo que permiten enfocar por *estimación directa*. Este recurso consiste en la posibilidad de seleccionar la distancia de enfoque sobre una escala numérica situada en el objetivo. Al girar la escala, el objetivo se reenfoca, si bien no es posible observar cambio alguno a través del visor.

Las cámaras más complejas, como las réflex (tanto SLR como algunas TLR) y las de telémetro, permiten observar a través del visor el enfoque realizado. Algunas, incluso, incorporan una escala de profundidades de campo sobre el barrilete del objetivo, de modo que pueda saberse con cierta exactitud la profundidad de campo que tendrá la imagen definitiva, según la abertura de diafragma y la distancia de enfoque que empleemos.

Ver Animación 6.8. Cd-rom: "Ejemplos de escala de profundidad de campo y su empleo en dos casos distintos"

Estas cámaras, además, pueden incluir algún dispositivo de cierre previo del diafragma a la abertura de trabajo, de modo que pueda previsualizarse la profundidad de campo de la imagen (recuérdese que el diafragma sólo se cierra en el momento del disparo, por lo que sin este dispositivo no es posible observar de modo directo la profundidad de campo).

Por último, existen cámaras capaces de calcular automáticamente la distancia que nos separa del objeto que vamos a fotografiar, enfocando casi instantáneamente sobre ese punto. Son las llamadas cámaras *AF* (del inglés *autofocus*, "enfoque automático"). Algunas de estas cámaras pueden incluso seguir a un objeto en movimiento sin perder el enfoque, realizando su seguimiento de modo continuado.

Ver Animación 6.9. Cd-rom: "Ejemplo de funcionamiento de un modelo AF: se pasa de una imagen desenfocada a otra perfectamente nítida al pulsar un botón"

Ejercicios Prácticos Propuestos

- Relación entre Profundidad de Campo, Abertura de Diafragma y Distancia Focal: realizar 2 diapositivas de un sujeto en exterior con objetos en distintos planos (delante y detrás de él), empleando distintas aberturas (máxima y mínima), sin variar punto de vista ni distancia de enfoque. Repetir el ejercicio en condiciones idénticas, salvo por el cambio de distancia focal empleada. Comparar la profundidad de campo de las 4 imágenes y justificar los resultados.

- Elección de la Profundidad de Campo adecuada a un tema concreto: realizar varios retratos de un mismo sujeto con un mismo fondo, empleando distintos objetivos, aberturas de diafragma y distancias de enfoque. En todo caso, las imágenes deben cubrir el sujeto al mismo tamaño. Para ello, será preciso acercarse o alejarse del sujeto al cambiar de distancia focal. Comparar los resultados. ¿De qué modo ha variado la profundidad de campo? ¿Qué imagen o imágenes consideras más interesantes y por qué?

- Elección de la Profundidad de Campo adecuada a un tema concreto: repetir el ejercicio anterior, fotografiando esta vez un paisaje abierto.

Bibliografía Específica sobre el Tema VI:

LIBROS:

ADAMS, Ansel: *La Cámara*. Madrid, Omnicón, 2.000

CLERC, Louis Philippe: *Fotografía: Teoría y Práctica*. Barcelona, Omega, 1975

FONTCUBERTA, Joan: *Fotografía: Conceptos y Procedimientos*. Barcelona, Gustavo Gili, 1990

JACOBSON, Ralph E.: *Manual de Fotografía*. Barcelona, Omega, 1981

STROEBEL, Leslie: *View Camera Technique*. Stoneham, Focal Press, 1986

VARIOS AUTORES : *Enciclopedia Focal de Fotografía*. Barcelona, Omega, 1975.

Apéndice I: Círculo de Confusión y Tamaño de Ampliación

Llamamos *círculos de confusión* a las manchas de luz sobre el plano de la imagen que representan cada punto del sujeto y que, sumadas, componen una imagen no–nítida. No tienen que ser necesariamente circulares, sino que adoptan la forma del diafragma u orificio de entrada de la imagen. En realidad, sólo son circulares a abertura máxima; luego dejan de serlo al empezar a diafragmar para, a partir de cierto momento, volver a hacerse circulares con aberturas aún menores. Esto último es especialmente evidente cuanto mayor es el número de palas que forman el diafragma.

Ver Animación 6.10. Cd-rom: "Diafragma que se va cerrando y al hacerlo va cambiando su perfil (circular, poligonal y finalmente circular de nuevo)"

En cualquier caso, el número de palas y su disposición pueden observarse claramente en muchas imágenes de altas luces puntuales y desenfocadas.

Con tal que los círculos de confusión no alcancen un tamaño máximo determinado, el ojo los acepta como puntos y la imagen aparece aceptablemente nítida. Es posible calcular el valor máximo permisible de círculo de confusión para que una imagen nos parezca nítida. Este valor máximo dependerá de la agudeza visual del observador, el grado [y no el tamaño] de ampliación posterior y la distancia de observación, entre otros factores.

Existen diversas fórmulas para calcular el diámetro máximo permisible para el círculo de confusión, una de ellas es:

CCMP = 0'25 / M [en mm.]

donde: CCMP = círculo de confusión máximo permisible
M = grado de ampliación del negativo ó diapositiva original
M = I / O [tamaño de la imagen (I) / tamaño del objeto real (O)]

Veamos un ejemplo:

El círculo de confusión máximo permisible para una copia de 20 x 25cm realizada a partir de un negativo de 10 x 12'5cm será:

M = I/O = 20/10 = 2
CCMP = 0'25 / 2 = 0'125mm

El círculo de confusión se relaciona normalmente con el tamaño final de ampliación. Pero también puede relacionarse con la distancia focal normal para el formato de película empleado. En este caso, se dice que el diámetro del circulo de confusión máximo permitido es igual a 1/500 de la distancia focal estándar para el formato empleado.

Máximo Círculo de Confusión Permisible		
Formato de Película	Objetivo Estándar	Diámetro del Círculo
135 (24 x 36mm)	50mm	0'025mm
120 (2 ¼ x 2 ¼ ")	80mm	0'060mm
120 (6 x 9 cm)	105mm	0'070mm
4 x 5 "	150mm	0'100mm
5 x 7 "	210mm	0'140mm
8 x 10 "	300mm	0'200mm

Apéndice II: Más Sobre la Profundidad de Campo y la Profundidad de Foco

II. A. Profundidad de Foco

La profundidad de foco consiste en el espacio disponible a la hora de situar el plano focal al situar una escena determinada sin que se perciba una nerma en la correción del enfoque. La profundidad de foco se extiende por igual a ambos lados del plano de foco crítico y es mayor cuando::

a) la abertura es **menor**
b) la distancia focal es **mayor**
c) la distancia de enfoque es **menor** [o, lo que es lo mismo, el tamaño de ampliación (M) es mayor]

En la práctica, el conocimiento de las citadas características de la profundidad de foco resulta de mayor utilidad a la hora de trabajar en el cuarto oscuro que durante la toma. Así, durante el enfoque de la imagen en el tablero de la ampliadora emplearemos la máxima abertura de diafragma, cerrando a continuación hasta el diafragma de trabajo: de este modo, aseguramos que nuestro enfoque es perfecto aún en las condiciones menos favorables.

Por lo que respecta a la toma fotográfica, las cámaras de paso universal se enfrentan a las mayores limitaciones de profundidad de foco, por lo que su enfoque debe realizarse de modo extraordinariamente preciso. A las cámaras de gran formato les ocurre justo al revés, lo que permite una mayor tolerancia a la hora de desplazar, incluso fuera del eje óptico, el plano de enfoque.

Para calcular la profundidad de foco, puede emplearse la fórmula:

$$PF = 2CCMP \times n^{o}f \ (1 + M)$$

donde

PF = Profundidad de Foco
CCMP = círculo de confusión máximo permisible
M = Ampliación

II. B. Profundidad de Campo

Llamamos Profundidad de Campo a la porción de realidad en profundidad que aparece nítida al tomar una fotografía y es mayor cuando::

a) la abertura es **menor**
b) la distancia focal es **menor**
c) la distancia de enfoque es **mayor** (sujetos lejanos)

II. C. Resumen

- La profundidad de foco afecta al movimiento a lo largo del plano de la imagen, mientras que la profundidad de campo afecta a zonas situadas en el plano del sujeto.

- La profundidad de foco aumenta a medida que el enfoque se acerca, y la profundidad de campo disminuye.

- La profundidad de foco está relacionada con las tolerancias del fabricante de la cámara, y la profundidad de campo, por su parte, atañe a las características del sujeto.

Aparte de todo lo dicho, y a modo de recordatorio, conviene señalar que la profundidad de campo:

- se duplica si se dobla el nºf (es decir, por ejemplo, si se pasa de f-8 a f-16)
- se cuadriplica si se dobla la distancia cámara – sujeto
- se cuadriplica si se reduce a la mitad la distancia focal de la lente empleada

Apéndice III: Distancia Hiperfocal

Como hemos visto, no es necesario enfocar exactamente al punto que más nos interesa de la escena: basta con que aquél quede dentro de la profundidad de campo. Sabiendo esto, podemos aumentar la porción de escena reproducida nítidamente en la imagen mediante la simple corrección del enfoque. Esto es particularmente interesante cuando se fotografían sujetos lejanos. Si enfocamos al punto más próximo observado como nítido cuando se enfoca a infinito (conocido como *punto hiperfocal*), la profundidad de campo se verá incrementada por delante de dicho punto, sin perder nitidez por detrás:

Ver Figuras 6.11.1. y 6.11.2. Cd-rom: "Ejemplo de corrección del enfoque a la hiperfocal de modo que se maximice la profundidad de campo. Incluir explicación escrita del ejemplo como pie de foto"

Llamamos *distancia hiperfocal* a la distancia existente entre el objetivo y el plano más próximo de foco aceptablemente nítido cuando el objetivo se halla enfocado a infinito. Varía para cada lente y, en cada lente, también para cada abertura.

Cuando enfocamos a la distancia hiperfocal, la profundidad de campo se maximiza, pasando a extenderse desde la mitad de dicha distancia hasta infinito.

Ver Figuras 6.12.1. y 6.12.2. Cd-rom: "Comprobación sobre la 2ª imagen del ejemplo anterior de cómo el enfoque a la hiperfocal supone aumentar la profundidad de campo por delante hasta DH / 2 "

Existen varias fórmulas para calcular la distancia hiperfocal. La siguiente emplea como variables conocidas la distancia focal, la abertura empleada y el CCMP:

$$DH = df^2 \ / \ nºf \ x \ CCMP$$

donde: DH = Distancia Hiperfocal
df = Distancia Focal

Ejemplo:

Calcular la distancia hiperfocal para un objetivo de 150mm, una abertura de f-8 y un círculo de confusión máximo permisible de 0'125mm

$$DH = 150^2 \ / \ (8 \ x \ 0'125) = 22.500mm = 22'5m$$

Por lo tanto, la distancia hiperfocal es igual a 22'5 metros. Esto significa que cuando enfocamos a dicha distancia, el objetivo muestra su máxima profundidad de campo para una abertura de f-8. Concretamente, la profundidad de campo comprenderá a todos aquellos elementos situados a una distancia de la cámara superior a los 11'25 metros.

VII. Perspectiva

7.1. Definición:

[del latín: *Ver a través*]

Es el modo en que los objetos del espacio real tridimensional son reproducidos en forma de imágenes sobre un plano (...). En las fotografías es, en cierto modo, una ilusión...

7.2. Perspectiva Geométrica

Si se trazan líneas rectas desde todos los puntos de un objeto a un punto fijo (llamado *punto de vista* o *centro de proyección*) y si estas líneas atraviesan una cierta superficie (a la que llamamos *superficie de proyección*), la imagen que por intersección queda formada en dicha superficie es la perspectiva del objeto.

Ver Figura 7.1. Cd-rom: "véase Figura 5.2. de las transparencias, con el siguiente texto añadido: *Obsérvese que la imagen está invertida, tanto vertical como lateralmente. Así es como se forman las imágenes en el ojo y en la cámara oscura*"

Durante los últimos seiscientos años, Occidente ha hecho uso casi únicamente de la llamada *perspectiva lineal*, lo que en cierto modo ha condicionado la forma en que percibimos hoy la realidad circundante. En ella, la superficie en la que resulta proyectada la imagen es plana. Pero no conviene olvidar que, en términos de perspectiva, la superficie de proyección puede ser igualmente cilíndrica, semiesférica, etcétera. Por otro lado, la citada superficie suele estar más allá del centro de proyección, pero también es posible situarla entre el objeto representado y dicho centro.

Ver Figura 7.2. Cd-rom: "véase Figura 5.1. de las transparencias, con el siguiente texto añadido: *Obsérvese que la proyección tiene igual orientación que el objeto (tanto vertical como lateral)*"

La tradición pictórica oriental empleó el agrupamiento de elementos uno sobre otro para lograr cierta sensación de tridimensionalidad. Esta jerarquización del espacio es típica del Arte Oriental y Bizantino. En Occidente, y durante el Renacimiento, aparece el concepto moderno de perspectiva. Desde Giotto hasta nuestros días, dicho concepto ha sido aplicado por innumerables artistas plásticos para trazar las líneas maestras de sus composiciones. Para ello, solía emplearse una superficie de dibujo transparente (vidrio o gasa) situada entre el objeto a representar y un orificio

por el que, con un solo ojo abierto, se iba observando lo trazado, comparándolo con la realidad.

Fue este modo de proceder el que condicionó el redescubrimiento de la cámara oscura, que a partir del Renacimiento comenzó a emplearse como herramienta para plasmar de modo sencillo la perspectiva de las escenas a dibujar. Cuando, a principios del siglo XIX, Nicèphore Niepce realiza sus primeros experimentos fotográficos, sus famosos *puntos de vista*, es lógico que emplee para ello la cámara oscura…

7.3. Perspectiva Real y Distancia Correcta de Observación

Nuestra tradición de varios siglos como observadores de imágenes basadas en la perspectiva geométrica lineal nos hace olvidar a menudo que ésta no es más que una forma de representación, en cierto modo, un artificio. La imagen fotográfica no es más (pero tampoco menos) que un producto, una visión *mediatizada* de la realidad.

De esta afirmación, largamente discutida durante los dos últimos siglos, sólo nos interesa por el momento un matiz: si, como es innegable, para obtener una fotografía es preciso emplear un determinado instrumental (básicamente, una cámara oscura dotada de un elemento óptico, léase objetivo fotográfico), asimismo será preciso emplear algún tipo de procedimiento específico a la hora de observar *correctamente* la imagen, de modo que en ésta aparezcan todos sus elementos reproducidos en tamaño y forma de acuerdo a cómo son realmente.

Pues bien, *el efecto de perspectiva de una imagen fotográfica aparecerá correcto sólo cuando ésta se vea desde una distancia igual a la distancia focal del objetivo que la produjo*.

Esto es válido para copias por contacto. En el caso de ampliaciones, la distancia de observación deberá ser igual a la distancia focal del objetivo multiplicada por el grado de ampliación lineal M.

Grado de ampliación (M) = Tamaño de la Imagen / Tamaño del Objeto Original

Ver Figura 7.3. Cd-rom:

Ejemplo:

Calcular cuál es la distancia correcta de observación de una copia de 13 x 18cm realizada a partir de un negativo de 24 x 36mm empleando un objetivo de 50mm de distancia focal.

En primer lugar, deberemos calcular el grado de ampliación de dicha copia:

Grado de ampliación (M) = Tamaño de la Imagen [*copia*] / Tamaño del Objeto Original [*negativo*]

Si tomamos el lado corto tanto de la copia como del negativo, obtendremos que

(M) = 130 / 24 = [aproximadamente] **5**

Por lo tanto, el grado de ampliación lineal es 5 o, lo que es lo mismo, ha sido necesario ampliar 5 veces las dimensiones lineales del negativo para obtener nuestra copia. Ahora bien, si queremos saber la distancia correcta de observación de la copia, es decir, aquélla a la que debemos situarnos para que la perspectiva de la imagen aparezca tal y como es en la realidad, deberemos multiplicar dicho factor de ampliación por la distancia focal empleada durante la toma:

50mm x 5 = **250mm**

Por lo tanto, sólo si nos colocamos a 25cm de distancia de la foto (y sobre el eje óptico, es decir, perpendicularmente a su superficie) podremos verla de modo correcto, al menos por lo que respecta a su perspectiva.

Ver Figura 7.4. Cd-rom: "La imágen del árbol se obtuvo con un objetivo de 50 mm y se amplió 5 veces, Si se observa desde una distancia de 5 x 50 mm (es decir, 25 cm), el árbol aparecerá de modo "correcto" (es decir, tal y como lo vió la cámara durante la toma)"

De este ejemplo pueden sacarse varias conclusiones. Por un lado, se aprecia que el formato del negativo original es indiferente a la hora de seleccionar la distancia de observación de una copia. Sí es importante conocer la distancia focal del objetivo empleado en la toma, si bien a menudo ignoramos este dato. Cuando esto suceda, no quedará más remedio que hacer una estimación aproximada. Entonces, como casi siempre, la experiencia acumulada (léase, la cantidad de imágenes observadas y estudiadas que conserve nuestra memoria) facilitará la tarea.

Por otro lado, de lo visto podemos también deducir que cada imagen requiere de una distancia de observación diferente. Esto es cierto, y explica en cierto modo por qué a menudo, cuando visitamos una exposición, nos resulta necesario acercarnos o alejarnos de una imagen para observarla de forma más placentera. Intuitivamente, nuestra visión trata de acomodar lo que estamos percibiendo con la forma y proporciones en que normalmente es percibido un objeto similar.

Ejercicio:

Calcular cuál es la distancia correcta de observación de una copia de 30 x 40cm realizada a partir de un negativo de 24 x 36mm empleando un objetivo de 50mm de distancia focal.

Solución:

300 / 24 = 12'5 mm
12'5 x 50 = 625 mm
62'5 cm

También cuando observamos una diapositiva proyectada sobre una pantalla debemos situarnos a una distancia determinada de ésta si queremos que la imagen represente una relación proporcionada entre los distintos elementos que la forman.

Ejemplo:

Calcular cuál es la distancia correcta de observación de una imagen realizada a partir de una diapositiva de 24 x 36mm y proyectada sobre una pantalla de 120 x 180cm, si el objetivo empleado en la toma de la citada diapositiva tenía 50mm de distancia focal.

En primer lugar, deberemos calcular el grado de ampliación de dicha imagen, según la fórmula ya conocida:

Grado de ampliación (M) = Tamaño de la Imagen [*pantalla*] / Tamaño del Objeto Original [*diapositiva*]

Si tomamos el lado corto tanto de la pantalla como de la diapositiva, obtendremos que

(M) = 1200 / 24 = 50

El grado de ampliación es, pues, 50 o, lo que es lo mismo, las dimensiones lineales de la diapositiva se han visto ampliadas 50 veces para obtener la imagen de la pantalla. Ahora bien, si queremos saber la distancia correcta de observación de la imagen proyectada en la pantalla, es decir, aquélla a la que debemos situarnos para que la perspectiva de la imagen aparezca tal y como es en la realidad, deberemos multiplicar dicho factor de ampliación por la distancia focal empleada durante la toma:

50mm x 50 = 2500mm

Por lo tanto, sólo si nos colocamos a 2'5m de distancia de la pantalla (y en el eje de proyección) podremos verla de modo correcto, al menos por lo que respecta a su perspectiva.

Conviene llamar la atención sobre la irrelevancia de la distancia focal del objetivo utilizado en la proyección, pues sólo la del objetivo empleado en la toma tiene cabida en nuestros cálculos.

Ejercicio:

Calcular cuál es la distancia correcta de observación de una imagen realizada a partir de una diapositiva de 24 x 36mm y proyectada sobre una pantalla de 200 x 300cm, si el objetivo empleado en la toma de la citada diapositiva tenía 80mm de distancia focal.

Solución:

2000 / 24 = 83'33333 mm
83'33 x 80 = 6666'40 mm
6'66 cm

7.4. Distancia Mínima de Observación y Lupas

La distancia mínima a la que una persona puede observar una imagen sin forzar la vista es de unos 25cm, aproximadamente. Pero esta distancia puede reducirse si empleamos una lupa. En este caso, para calcular la distancia de observación óptima debemos tener en cuenta la distancia focal de la lupa en cuestión. Esta se obtiene fácilmente si conocemos su aumento:

Distancia Focal de una Lupa = 250 / Aumento de la Lupa

[el resultado serán mm]

Ejemplo:

Calcular cuál es la distancia correcta de observación de una imagen si para ello empleamos una lupa con un aumento de 5x

250 / 5 = 50

Es decir, para que la perspectiva sea correcta, la distancia de observación al emplear dicha lupa deberá ser de 5cm

Ejercicio:

Calcular cuál es la distancia correcta de observación de una imagen si para ello empleamos una lupa con un aumento de 8x.]

Solución:
250 / 8 = 31'25 mm.

7.5. Estereoscopía

Consideremos ahora dos perspectivas de un mismo objeto, tomadas desde dos puntos de vista situados en un mismo plano, a igual distancia del objeto y separados entre sí aproximadamente por unos 65mm (la distancia que, como promedio, separa nuestros ojos). Si hacemos que cada ojo vea sólo la perspectiva que corresponde al punto de vista que ocupa, se experimentará la misma sensación de relieve que se obtendría en la observación binocular directa del objeto.

Esta es la base de la *estereoscopía*, que supone implícitamente que el observador tiene dos ojos iguales y simétricos.

El estudio de este fenómeno es coetáneo de la invención de la Fotografía, por lo que no debe extrañar que ambos se hayan visto relacionados desde muy pronto.

En efecto, la aparición de la fotografía estereoscópica fue muy temprana. Existen ejemplos de daguerrotipos estereoscópicos de principios de la década de 1840. Su desarrollo continuó a lo largo de todo el siglo XIX, coincidiendo con el final de dicho siglo su mayor auge. En este período se comercializaron numerosas colecciones de *vistas* estereoscópicas en distintos formatos sobre papel a la albúmina, para su observación en visores estereoscópicos de diseños más o menos complicados. De esta época datan asimismo numerosos modelos de cámaras estereoscópicas, que empleaban como material sensible tanto placas de vidrio emulsionadas como película en rollo. Incluso el primer gran procedimiento en comercializarse de fotografía en color, las llamadas *placas autocromas* de los celebérrimos hermanos Lumière, empleaba el formato estereoscópico.

Ver Figura 7.5. Cd-rom: "Negativo y positivo estereoscópicos, junto con una placa autocroma estereoscópica y dos modelos de visor"

Aún hoy se utilizan proyecciones estereoscópicas en eventos y exposiciones de todo tipo, no sólo fotográficas, por su gran efecto visual.

7.6. Perspectiva Aparente

Ya sabemos que sólo hay una distancia correcta de observación para cada imagen, y hemos aprendido a calcularla. Pero, ¿qué ocurre cuando, pese a todo, optamos por observar dicha imagen desde un punto de vista inadecuado? La respuesta es que la perspectiva aparecerá deformada.

Si observamos la imagen a mayor distancia de la adecuada, la perspectiva parecerá acrecentarse, el objeto aparecerá deformado y "hundido". Si, por el contrario, la observación se realiza a menor distancia de lo aconsejado, la perspectiva parecerá "achatada", el objeto quedará comprimido en todos sus planos, perdiéndose la sensación de tridimensionalidad.

El primer caso suele asociarse a las imágenes tomadas con objetivos angulares, ya que normalmente no es posible observar dichas imágenes a la distancia adecuada (demasiado cercana como para permitirnos una visión completa y satisfactoria de la imagen). Por su parte, el segundo caso correspondería a lo que suele ocurrir con las imágenes tomadas con un teleobjetivo: la distancia de observación se reduce para permitir a nuestra vista la inspección detallada de la imagen, provocando la sensación de bidimensionalidad comentada.

Conviene en todo caso aclarar que es un error atribuir el falseamiento de la perspectiva al empleo de una u otra distancia focal. LA PERSPECTIVA NO SE VE INFLUIDA POR LA DISTANCIA FOCAL DEL OBJETIVO EMPLEADO. No debemos decir, pues, que "un angular deforma la perspectiva" ni que "un tele la comprime". Ambas afirmaciones son falsas y resulta triste comprobar que frases de este calado aparecen con cierta asiduidad en demasiados libros que tratan sobre la materia.

7.7. Perspectiva y Punto de Vista

Si el objetivo no influye en la perspectiva de una imagen (siempre y cuando mantengamos la distancia correcta de observación), ¿qué variables influyen a la hora de configurar el modo en que observamos la relación de tamaño y forma de los distintos elementos que componen una fotografía?

La respuesta es bien sencilla . Obsevemos la siguiente imagen.

Una vez situados el punto de vista y la dirección del plano de proyección, la perspectiva obtenida es, en gran medida, independiente de la distancia principal. Las perspectivas obtenidas desde un mismo punto de vista pero sobre planos diferentes y paralelos son geométricamente semejantes; la distancia principal OP sólo influye en la escala de las imágenes y éstas varían proporcionalmente. Esta distancia OP corresponde en Fotografía a la distancia del objetivo al plano de la imagen (plano focal, donde se aloja la película).

Por todo lo visto, y desde un punto de vista dado, 2 cámaras provistas de objetivos de distinta distancia focal producen imágenes de diferente tamaño, pero de idéntica perspectiva. Así, si ampliamos ambos negativos de modo que las imágenes coincidan en tamaño, cada punto del sujeto coincidirá exactamente en ambas copias.

Ver Figura 7.6. Cd-rom: "Dos imágenes tomadas desde el mismo sitio con distintos objetivos. Al pinchar en el centro de una de ellas (la realizada con el objetivo de menor distancia focal) aparecerá dicha zona ampliada, de modo que coincida exactamente con el otro original, salvo por la nitidez, que será algo menor"

7.8. Distorsiones de la Perspectiva

Aparte de las derivadas de la observación desde una distancia inadecuada, pueden señalarse 2 tipos de distorsiones de la perspectiva:

- Distorsiones de borde: Típicas de los objetos esféricos ó cilindros que aparecen deformados cerca del borde del formato en tomas realizadas con gran angular.
- Distorsiones por inclinación: Cuando inclinamos el plano focal, las verticales de la imagen dejan de ser paralelas

7.9. Perspectiva en un Plano No Vertical

Siempre que al emplear una cámara de banco óptico alteremos el paralelismo entre los planos fundamentales en la formación de la imagen (plano del objetivo y plano focal) se producirá una transformación en la forma y relación de tamaño de los distintos elementos de la imagen. En este sentido, las posibilidades son ilimitadas y pueden preverse con la ayuda de un simple marquito de dispositiva del formato empleado, situándolo a una distancia del ojo similar a la distancia focal escogida y en el plano inclinado deseado.

Ver Figura 7.7. Cd-rom: véase Figura 5.10. de las transparencia *Perspectiva Panorámica* *******, con el siguiente texto añadido:

"S: Objeto Representado
O: Punto de Vista
P: Punto Principal. Situado en el Plano T, exactamente allí donde pueda trazarse una perpendicular a éste que pase por O.
T: Plano Inclinado de Proyección
V: Punto de Fuga donde convergen las verticales de la imagen. Se forma en la intersección del plano T con la vertical desde el punto de vista O. "

7.10. Perspectiva Panorámica

Este sistema de perspectiva es típico de las cámaras panorámicas de objetivo móvil y plano focal curvo. En él, las líneas verticales del sujeto quedan representadas por verticales, pero la línea del horizonte pasa a formar un arco y el resto de líneas rectas del sujeto se transforman en elipses.

Ver Figura 7.8. Cd-rom: "véase transparencia *Perspectiva Panorámica* *******, con el siguiente texto añadido:

F, F': Puntos de Fuga
ABC: Objeto Representado
abc: Perspectiva Panorámica de ABC, tal como se apreciaría desde el punto de vista O
OO': Eje desde el que se divisará correctamente la proyección o perspectiva panorámica abc]

Si se mantiene la superficie de proyección en su forma cilíndrica y se observa desde el punto de vista correcto, se ve algo idéntico al objeto representado, Pero si se desarrolla la superficie de proyección en un plano, todas las líneas rectas del sujeto (salvo las verticales y el horizonte) aparecerán curvas.

Ver Figura 7.9. Cd-rom: "véase transparencia *Perspectiva Panorámica* ********, con el siguiente texto añadido:

Obsérvese cómo la única horizontal que permanece recta en una Perspectiva Panorámica [arriba] es la línea del horizonte. Esto es típico de las cámaras panorámicas, en las que la película está curvada y el objetivo se desplaza radialmente durante la toma.

En la imagen de abajo puede verse una reconstrucción segmentada de la misma escena, tomada desde el mismo punto de vista e igual distancia focal, pero en varias tomas parciales sucesivas. La parte central sería equivalente a una Perspectiva Geométrica común (rectilínea), mientras que las laterales corresponderían a la ya mostrada Perspectiva sobre un Plano Inclinado"

Para reconstruir el panorama en su perspectiva correcta, basta enrollarlo sobre un cilindro situado alrededor del espectador. Si queremos que la impresión de perspectiva sea correcta, el radio de dicho cilindro deberá ser idéntico a la distancia principal de la proyección original multiplicada por el aumento de la foto (si se trata, como suele ser normal, de una ampliación). Una típica aplicación de esto consiste en la proyección de imágenes sobre grandes pantallas curvadas, que transmiten una fuerte sensación de realismo. Su campo abarca, e incluso en ocasiones supera, el campo visual humano (que cubre unos 140º, aproximadamente). Pero para que el resultado sea óptimo, es preciso que el espectador se halle situado en el Eje 00'. De no ocurrir esto, las líneas quedarán curvadas hacia dentro o bien hacia fuera, según el punto de vista quede más cerca o más lejos de la pantalla.

Ejercicios Prácticos Propuestos

Los siguientes ejercicios deben servir para aclarar dos conceptos fundamentales: que la perspectiva no varía si únicamente variamos la distancia focal del objetivo empleado; y que el cambio en el punto de vista o lugar desde el que realizamos la foto sí que influye por si solo en la modificación de la perspectiva.

Ejercicio A:

Tomar dos imágenes de un mismo sujeto en exterior, empleando para cada una de ellas un objetivo de distancia focal diferente. Las tres imágenes deberán mostrar el sujeto principal al mismo tamaño (para ello, es necesario cambiar el lugar o *punto de vista* desde el que se toma la foto. ¿Es igual la perspectiva en ambas fotos? ¿Por qué razón? ¿En qué elementos de la imagen puedes observarlo?

Ejercicio B:

Toma de dos imágenes de un mismo sujeto en exterior, empleando para cada una de ellas un objetivo de distancia focal diferente, pero sin variar punto de vista, distancia de enfoque ni abertura de diafragma. Si el ejercicio ha sido realizado correctamente, las dos imágenes mostrarán una porción diferente de escena. Amplía la porción central de la imagen tomada con el objetivo de menor distancia focal, de modo que coincida en tamaño con la otra imagen [si disponer de algún programa de tratamiento de
imágenes, tal como Adobe Photoshop, puedes hacerlo ampliando y superponiendo directamente ambas imágenes con un nivel de opacidad / transparencia intermedio. Si no dispones de dicha herramienta, simplemente encarga copias de acuerdo a las instrucciones aquí expresadas]. ¿Coincide la relación de tamaño entre los elementos de ambas imágenes? ¿Cuál es la causa?

Bibliografía Específica sobre el Tema VII:

LIBROS:

APARICI, Roberto: *Lectura de Imagen*. Madrid, U.N.E.D., 1987.

GOMBRICH, E.H. ; HOCHBERG, J. y BLACK, M.:
Arte, Percepción y Realidad. Barcelona, Paidós, 1993.

JACOBSON, R.E.: *La Ampliación*. Barcelona, Omega, 1978.

RENNER, Eric: *Pinhole Photography*. Newton, Focal Press, 1995.

STELZER, Otto: *Arte y Fotografía: Contactos, Influencias y Efectos*. Barcelona, G.Gili, 1981.

STROEBEL, Leslie: *View Camera Technique*. Stoneham, Focal Press, 1986.

ARTÍCULOS:

BOND, Howard: *Setting Up the View Camera*. *Photo Techniques*, vol. 19, Número 3, mayo/junio 1998.

CAPONIGRO, John Paul:
Atmospheric Perspective. *Photo Techniques*, vol. 20, Número 2, marzo/abril 1999

DAVIS, PHIL: *Using the View Camera*. *Photo Techniques*, vol. 19, Número 2, marzo/abril 1998.

VIII. Procesado del Material Sensible

8.1. Introducción

Como sabemos, los materiales sensibles que se emplean en Fotografía están, por lo general, basados en plata. En un principio, estos materiales eran de *ennegrecimiento directo* o *POP*, siglas del inglés "Printing Out Processes"(literalmente "procesos de ennegrecimiento directo"). Los materiales POP se oscurecían directamente por la acción de la luz. Cuando el oscurecimiento se juzgaba suficiente, se detenía éste mediante un *baño de fijado*. Al principio, el fijado se realizaba con cloruro sódico (de ahí el nombre de "*papeles salados*" que reciben las primeras fotografías sobre papel). Pronto se comprobó que era más adecuado el empleo de tiosulfato sódico como baño fijador.

Los materiales de ennegrecimiento directo eran poco fotosensibles. Los tiempos de exposición eran largos y resultaba complicado obtener imágenes nítidas de sujetos en movimiento. Con los años, se propuso una solución a todo esto. Bastaría una breve exposición a la luz si posteriormente se intensificaba la acción de ésta mediante la inmersión de la película en un baño adecuado. Este nuevo baño es el *revelador*, y su misión consiste en aumentar el efecto producido por la escasa exposición recibida. Con el revelador, aparecen los materiales de *ennegrecimiento por revelado*, conocidos asimismo como *DOP* o "Developing Out Processes" (literalmente "procesos de ennegrecimiento por revelado").

En nuestros días, todos los materiales fotográficos comunes son DOP, por lo que precisan de revelado para mostrar una imagen visible.

8.2. Concepto de Imagen Latente

La imagen latente es aquella imagen invisible que se forma en los materiales de ennegrecimiento por revelado (DOP) durante su breve exposición a la luz. Dicha exposición puede realizarse en la cámara (si hablamos de película fotográfica) o bien bajo la ampliadora; en el laboratorio (si nos referimos al material de copia). La imagen latente consta de un número mínimo de partículas de plata que, al ser expuestas a la luz, se han cargado eléctricamente, convirtiéndose en *iones–plata*. Este reducido número de partículas no es observable a simple vista, por lo que es necesario procesarlas si queremos obtener una imagen visible.

Pantalla Copiado

Una vez que hemos procesado las imágenes obtenidas en nuestra cámara, lo normal es que deseemos obtener copias a mayor tamaño, sobre todo, si lo que hemos obtenido son negativos de pequeño formato. El copiado se lleva a cabo con ayuda de una ampliadora.

Ver Figura 8.8. Cd-rom:

El primer paso consiste en colocar nuestro original en el portapelículas situado en el cabezal de la ampliadora.

Ver Figura 8.9. Cd-rom: "Dibujo que muestra el momento en que colocamos la película en el portanegativos de la ampliadora (entrego boceto)"

La ampliadora dispone de un sistema de iluminación que proyecta luz a través del original obtenido en nuestra cámara. Tras atravesar nuestro negativo o diapositiva, la luz es enfocada con ayuda de un objetivo y proyectada sobre una superficie, donde formará una imagen ampliada. Si colocamos un papel fotográfico sobre dicha superficie y lo exponemos durante el tiempo adecuado, podremos (tras el consiguiente procesado) obtener una imagen ampliada de nuestro original. El tamaño de dicha imagen dependerá de la distancia entre el cabezal de la ampliadora y la superficie donde coloquemos el material de copia.

Ver Animación 8.10. Cd-rom: "Animación que muestra el proceso por el cual la luz de la ampliadora llega al negativo, es enfocada por el objetivo y acaba exponiendo el papel situado en su base. NOTA: como boceto para la animación se empleará la Figura 7. La animación debe ser lo suficientemente grande como para que se distingan todos los elementos que forman la ampliadora y que aparecen en el boceto entregado"

Los materiales de copia en blanco y negro suelen ser ortocromáticos, por lo que es posible emplear una luz roja durante el proceso de copiado. Más problemas ofrece el material en color, ya que éste es pancromático. Para copiar imágenes en color se recomienda trabajar en oscuridad total, o bien ayudarse de una luz muy tenue de tono verde–oliva, tan tenue que apenas sirve para ver algo. El color escogido para esta luz de seguridad no es casual, ya que coincide con aquél al que nuestros ojos son más sensibles.

8.3. Concepto de Revelado

El revelado es el proceso por el cual los iones–plata que forman la imagen latente se transforman en *plata metálica*. Se trata de una amplificación de la imagen latente (invisible), de modo que pueda ser apreciada visualmente.

Para pasar a ser plata metálica, cada ión–plata necesitan ganar un electrón. Por ello, para revelar una emulsión necesitamos un producto que ceda electrones a la plata expuesta. El proceso completo es denominado *oxidación–reducción* o *proceso Re–dox*. La razón de esta denominación es que:

a. Decimos que un compuesto *se oxida* cuando cede electrones. Por lo tanto, el agente revelador se oxida durante su acción sobre la emulsión.
b. Decimos que un material *es reducido* cuando capta electrones. La plata de la emulsión capta los electrones, por lo que decimos que es reducida.

El agente revelador es el encargado de desencadenar esta reacción de oxidación–reducción en la emulsión. Forma parte del revelador, junto con otros compuestos: *álcali ó acelerador*, *conservante* y *retardador ó antivelo*.

Pantalla

¿Por qué se revela antes la imagen latente que la plata no expuesta?

No hay una respuesta única para esta pregunta. La *Teoría del Electrodo* trata de explicar la cinética del revelado mediante 2 factores opuestos a la cesión de electrones desde el revelador hacia la imagen sin exponer:

- La superficie de los granos sin exponer está cargada negativamente debido a la presencia de los iones bromo (Br^-), de mayor tamaño que los iones plata (Ag^+). Esta carga negativa repele a los electrones procedentes del revelador. Sin embargo, aquellos granos que han sido expuestos mantienen en su superficie átomos de plata que no repelen la llegada de los nuevos electrones, facilitando el proceso de reducción

- La misma estructura reticular del cristal dificulta la captación de electrones por parte de los átomos de ión plata presentes en las zonas sin exponer. La gelatina, cargada negativamente, contribuye a mitigar la necesidad de captación de electrones de estas zonas. Sin embargo, en las zonas expuestas, las pequeñas partículas de plata metálica actúan como un electrodo, generando una corriente de electrones que parte del revelador y finaliza en el interior del grano de plata expuesto.

8.4. Velo y Nivel de Revelado

Durante el revelado no sólo se reduce la plata expuesta a la luz, sino que también puede hacerlo la no expuesta, si bien en un nivel cuantitativamente mínimo. Llamamos *velo* a la densidad en el material sensible formada por los (pocos) granos de plata que han sido reducidos durante el revelado sin haber recibido luz durante la exposición. La densidad del velo varía en función del tipo de emulsión y procesado, y es mayor cuanto mayor es el factor de revelado o la sensibilidad de la emulsión. Si ésta está caducada o en mal estado, el nivel de velo aumentará considerablemente, impidiendo la obtención de imágenes aceptables.

Decimos que un material está *subrevelado* cuando no ha alcanzado el nivel de revelado adecuado (por defecto). Por el contrario, si la intensificación de la imagen latente se ha realizado de modo excesivo, hablamos de *sobrerrevelado*.

Ver Figura 8.1. Cd-rom: "Negativo subrevelado, sobrerrevelado y correctamente revelado"

8.5. Productos de Revelado de Material en Blanco y Negro

Una vez que el revelado de la imagen latente es suficiente, debe detenerse la acción del revelador, pues de no hacerlo la imagen continuaría oscureciéndose hasta que toda ella se ennegreciera por completo. Para detener la acción del revelador se puede emplear un baño de agua, pero es común emplear una solución ligera de ácido acético, de entre el 2 y el 5%. Como ya dijimos, el revelador requiere de un medio alcalino para actuar, por lo que al reducir el pH de la mezcla aseguramos que cualquier traza de revelador presente en la emulsión quedará inactiva de forma instantánea.

Tras este *baño de paro*, es preciso eliminar de la emulsión la plata que no recibió luz durante la exposición (y que por tanto, no formó imagen). Esta plata no expuesta es aún fotosensible, por lo que continuaría oscureciéndose por acción de la luz que pudiera recibir en el futuro.

El *fijador* es el baño encargado de solubilizar la plata no expuesta. El primer fijador empleado históricamente fue el cloruro sódico, pero muy pronto se sustituyó por tiosulfato sódico (en aquel entonces conocido como hiposulfito sódico o simplemente *hipo*). Hoy en día sigue empleándose el tiosulfato sódico, si bien suele preferirse el tiosulfato amónico, por ser de efecto más rápido y requerir de menor cantidad de producto para obtener resultados similares.

Junto al tiosulfato, el baño fijador suele incorporar algún otro componente. A menudo se añade a su fórmula una mínima cantidad de ácido acético, para reducir el ph y asegurar la inoperancia de cualquier resto de revelador (esto es indispensable si hemos detenido el revelado con agua y no con un auténtico baño de paro ácido). También puede aparecer un solvente del bromuro de plata (que dinamice el proceso de solubilización), algún conservante, etcétera.

Hasta aquí, y siempre que el material sensible sea pancromático el proceso debe realizarse en completa oscuridad. Para ello, es normal emplear tanques de revelado, donde se introduce la película tras enrollarla en una espiral para que no se adhiera sobre sí misma. Por lo que respecta al material de copia en blanco y negro, que es por lo general ortocromático, éste suele revelarse en cubetas y con ayuda de luz roja o ámbar.

Tras el fijado, procede eliminar la plata no expuesta (y ya soluble), mediante un lavado completo. Este lavado puede realizarse simplemente con agua corriente, pero a menudo se emplea algún baño de *ayuda de lavado*. Estos baños aceleran la eliminación de la plata no expuesta y de los restos de fijador que puedan quedar retenidos tanto en la emulsión como en el soporte de ésta.

Una vez concluido el lavado (proceso que, según el material sensible de que se trate, puede llevarnos más de media hora) suele emplearse un baño humectador que facilite el secado uniforme del material. Para ello se recurre a un tensioactivo muy diluido. Este producto, además de facilitar el escurrido de las gotas residuales de agua fuera de la película, reduce la tensión superficial de ésta, evitando que se cargue electrostáticamente y, con ello, que pueda atraer partículas de polvo.

El secado puede realizarse al aire en una atmósfera libre de polvo, si bien existen diversos aparatos específicamente diseñados para secar tanto rollos de película como copias fotográficas realizadas sobre papel.

8.6. Factores que Influyen en el Proceso de Revelado

8.6.1. Formulación y estado del revelador (dilución, pH, agotamiento)

Los ingredientes básicos de un revelador son: un *agente revelador*, un *álcali*, un *conservante* y un *antivelo*. La formulación de estos 4 componentes debe buscar su sinergia, principalmente en el caso de los agentes reveladores. Es muy común el empleo de fórmulas a base de dos agentes reveladores (metol e hidroquinona ó bien fenidona e hidroquinona), debido a la superaditividad que presentan dichos agentes reveladores cuando actúan conjuntamente. Es importante destacar que la dilución no sólo afecta al tiempo de revelado sino también al contraste final obtenido en la imagen. Cuanto más diluido está el revelador, más lenta es su acción y menor el contraste obtenido.

El *acelerador ó álcali* influye en la actividad del revelador, así como en su tendencia al agotamiento. Se trata, como indica su nombre, de un componente con un elevado pH, pues el agente revelador se muestra más activo cuanto más alcalina sea la mezcla. Los aceleradores más comunes son el hidróxido sódico, el bórax y el carbonato sódico.

Por lo que respecta al *conservante*, éste suele ser sulfito sódico. Su carácter de disolvente del grano de plata favorece la reproducción de los detalles más nimios, al tiempo que reduce de algún modo la sensibilidad efectiva de la emulsión. También se emplea en ocasiones metabisulfito potásico. El conservante limita el riesgo de oxidación del revelador por contacto con el aire. Algunos reveladores para usos especiales no incorporan conservante, por lo que su vida útil se reduce a unos pocos minutos.

Por último, como *antivelo* se ha empleado tradicionalmente bromuro potásico, si bien puede igualmente usarse yoduro potásico o benzotriazol. Tal como indica su nombre, la función del antivelo no es otra que evitar la formación de velo. La adición de una mayor cantidad de antivelo de la necesaria provocará casi ineludiblemente una reducción en la sensibilidad efectiva de la película, lo que deberá ser tenido en cuenta durante la toma.

Ejemplos de distintas Fórmulas Reveladoras				
	Agente Revelador	Álcali	Conservante	Antivelo
Revelador clásico [para negativos en blanco y negro]	Metol Hidroquinona	Bórax	Sulfito Sódico	Bromuro Potásico
Revelador a la vitamina C [para negativos en blanco y negro]	Ácido Ascórbico Fenidona	Bórax o Hidróxido Sódico	No	No
Primer Revelador para proceso E-6 [diapositivas en color]	DA-1 (monosulfonato de Hidroquinona) Dimezone (derivado de la Fenidona)	Hidróxido Sódico EDTA Na4	Sulfito Sódico	Bromuro y Yoduro Potásicos
Revelador de Color para E-6	CD-4	Carbonato e Hidróxido Potásico	Metabisulfito Potásico Sulfito Sódico	Bromuro y Yoduro Potásicos
Revelador para proceso RA-4 [copias a partir de negativos en color]	CD-3	Carbonato Potásico Trietanolamina	Sulfito ó Metabisulfito Potásico	Cloruro Potásico
Revelador R.A.F / Saxby [para negativos IR en blanco y negro]	Metol Pirogalol	Bórax	No	Benzotriazol

Tiempo

El tiempo es uno de los factores más fácilmente cuantificables en el revelado de material fotográfico. Un aumento innecesario en el tiempo de revelado trae aparejado un aumento en la densidad de la imagen obtenida, así como un aumento en el tamaño del grano (lo que puede suponer una pérdida en la resolución de detalles finos). También provoca la expansión del contraste general de la imagen. Esto se debe a que el nivel de revelado es siempre proporcional a la cantidad de plata expuesta, por lo que aumenta más rápidamente en las zonas más densas del negativo.

El tiempo de revelado no debe ser tan breve que ponga en peligro su uniformidad. Por ello, se desaconsejan tiempos de revelado inferiores a los 5 minutos para película o 30sg para papel.

Temperatura

Un aumento en la temperatura del revelador traerá aparejada una mayor actividad de éste. Asimismo, temperaturas muy bajas reducen de tal modo la actividad del revelador que sólo se recomiendan cuando no pueda trabajarse a mayor temperatura (por ejemplo, cuando se trabaje con *emulsión líquida*, para evitar que una temperatura "normal" provoque su desprendimiento del soporte).

Como sabemos, el procesado del material sensible no acaba con su inmersión en el revelador, sino que requiere de sucesivos y diferentes baños. Dichos baños difieren según se trate de material de cámara [película] o copia [papel fotográfico], en blanco y negro o color. En todo caso, conviene hacer hincapié en la necesidad de mantener una temperatura adecuada en cada uno de estos baño, para evitar una merma en la calidad final de las imágenes.

Agitación

La agitación no sólo afecta al nivel de revelado, sino también a su uniformidad. Una agitación brusca y desigual puede provocar franjas de diferente densidad en el material sensible. La falta de agitación reduce el nivel de revelado, elevando el tiempo necesario para completarlo.

En un caso hipotético perfecto, la ausencia total de agitación provocaría irremisiblemente el subrevelado de la imagen, independientemente del tiempo de inmersión en el revelador, pues una vez agotado el que está en contacto con la superficie de la película, se detendría su acción. La agitación permite la sustitución del líquido que revela la imagen, por lo que siempre hay líquido fresco ante ella.

8.7. Procesado de Diapositivas y Negativos en Color: Productos y Características

El revelado de material en color (conocido también como "revelado *cromógeno*") fue propuesto por primera vez en unos artículos publicados entre 1912 y 1914 por los científicos alemanes R. Fischer y H. Siegrist.

El proceso puede resumirse así: durante la fabricación del material sensible o bien durante su procesado, es posible incorporar a la emulsión ciertos compuestos químicos conocidos como *copulantes de color*. Estos copulantes reaccionan con los productos de oxidación generados durante el revelado, formando imágenes coloreadas. Si el material sensible consta de más de una capa de emulsión, se formarán varias imágenes en color superpuestas, una en cada capa de emulsión. Escogiendo los compuestos químicos adecuados, podemos prefijar el color de cada una de estas capas, de modo que la superposición de todas ellas provoque una imagen única en colores "reales".

Los colores seleccionados para cada capa son los primarios sustractivos (C, M, Y), ya que –como vimos– la superposición de dichos colores permite la obtención de todos los demás. Por último, y para que la imagen en color pueda verse, es necesario *rehalogenizar* la plata expuesta en cada capa (mediante lo que se denomina *baño de blanqueo*), de modo que puede ser disuelta (mediante un baño de fijado) y finalmente eliminada (lavando abundantemente en agua).

Desde la primera patente de Fischer (1913) hasta que fue posible anclar las imágenes de color a cada capa pasaron más de 20 años. Los primeros procedimientos cromógenos surgidos en la práctica datan de mediados de los años '30 del siglo pasado. Desde entonces hasta hoy, la base de la tecnología no ha variado gran cosa. Básicamente, son materiales de 3 capas (algunas películas modernas incorporan una cuarta), sensibles a los colores primarios aditivos (B, G y R), y que forman respectivamente imágenes en sus colores complementarios (Y, M y C). Un filtro amarillo (Y) situado entre las capas superior e intermedia hace posible que esto sea así.

La única diferencia estructural entre los materiales cromógenos positivos y negativos radica en la incorporación en estos últimos de una máscara coloreada cuya misión es la de mejorar la reproducción fidedigna de los colores al hacer copias sobre papel. El color de esta máscara varía con cada material, pero tiende a ser amarilla, anaranjada o rosácea.

El procesado de los materiales cromógenos para cámara está estandarizado. Los negativos en color se procesan mediante el llamado *C-41*. Por su parte, las diapositivas en color emplean para su procesado el llamado *E-6*. Ambos tratamientos son idénticamente aplicados a materiales de todos los fabricantes, sensibilidades y características.

Los materiales sensibles al infrarrojo para diapositivas en color presentan capas sensibles al IR, G y R, a su vez formadoras de tintes C, Y y M, respectivamente. Hasta hace unos años, requerían un procesado diferente al estándar, pero desde hace ya casi una década se procesan del mismo modo que el resto de diapositivas en color (es decir, mediante el proceso E-6).

Los materiales cromógenos en blanco y negro (Ilford XP2 Plus™, Kodak T400CN™, etcétera) presentan una única capa sensible. En ella, tras el revelado, se forma un tinte más ó menos neutro, encargado de crear la imagen definitiva. A semejanza de lo ocurrido con los materiales en color, las emulsiones cromógenas para blanco y negro pierden la plata original durante el procesado. Curiosamente, estos materiales pueden procesarse tanto mediante el C-41 (para el que están diseñados) como con el E-6, obteniéndose en cada caso imágenes negativas o positivas, respectivamente.

8.8. Procesado de Copias en Color: Productos y Características

Existen varios tipos de materiales sensibles para copias en color, todos ellos con diferentes características. Los más comunes son de tipo cromógeno, es decir, similares en estructura y procesado a los negativos y diapositivas convencionales salvo por el soporte, que ya no es película sino papel recubierto de polietileno.

Junto a los cromógenos coexisten otros tipos de materiales de copia en color. De entre todos ellos cabe destacar los basados en *procesos de blanqueo de plata y tintes*, cuyo más típico representante es el vulgarmente conocido como *Cibachrome*, y cuyo nombre correcto es desde hace ya más de una década el de Ilfochrome Classic™. Estos materiales incorporan los tintes "de fábrica", junto con la plata. Tras la exposición y durante el procesado, se elimina la plata junto con los tintes innecesarios para la formación de la imagen final.

Otro gran grupo de materiales de copia, cada día más presente en el mercado, lo constituyen los papeles para *impresión térmica*. Se trata de un material que no contiene plata y que no precisa revelado. Al igual que ocurriera con el grupo anterior, el soporte de papel incorpora de origen los tintes de color. La imagen se obtiene mediante exposición del material a distintas radiaciones y temperaturas. Por su limpieza (se procesa en seco y no genera residuos) su uso se extiende cada día más, especialmente para el copiado de archivos fotográficos digitales.

Pese a las notables diferencias de estos procedimientos de copiado en color, todos ellos se asemejan en algunas características. Se trata en todos los casos de materiales compuestos por 3 capas fotosensibles, cuyo orden puede variar de un producto a otro. En este sentido, resulta complicado precisar la estructura interna de cada material, pues los fabricantes se reservan a menudo la información sobre este particular.

El soporte de estos materiales suele ser papel recubierto de polietileno, pero también podemos encontrar como base poliéster pigmentado (blanco). Este soporte ofrece mayor perdurabilidad y cierto brillo metálico muy apreciado por los fotógrafos.

Los materiales de copia en color más modernos incorporan recubrimientos anti-UV para evitar el desvanecimiento provocado por estas radiaciones.

8.9. Alteraciones en el Procesado. Forzados. Revelados Cruzados

- Sustitución de Químicos.

No es normal que los fotógrafos, ni siquiera los profesionales, procesen su material sensible en color. Por un lado, el control necesario de la agitación, tiempo y temperatura de los baños (mucho más estricto que el relativo al blanco y negro) desalienta a muchos de intentarlo. A esto se une la estandarización de los procesos de color, que permite revelar el material en cualquier lugar del planeta con una aceptable expectativa de éxito y a precios competitivos.

Pese a esto, hay quien opta por revelar sus imágenes en color. Para ello, el mercado ofrece *kits* de procesado elaborados por distintos fabricantes. Asimismo es posible sustituir total o parcialmente estos productos preenvasados por otros más comunes. Por ejemplo, es posible sustituir el *primer revelador* para el proceso E-6 por un revelador común de positivos en blanco y negro (por ejemplo, AGFA Neutol™ a una dilución de 1+5). Del mismo modo, el baño de fijado específico para E-6 puede sustituirse por un fijador clásico para blanco y negro, como el AGFA Agefix™ a 1+3.

- Forzados y Compresiones.

Forzar consiste en *subexponer* y a continuación *sobrerrevelar* una emulsión. Puede hacerse con materiales en blanco y negro o color. Es una práctica habitual en aquellas ocasiones en que disponemos de poca luz y no es posible emplear una película más sensible. Al forzar se reduce la calidad de la imagen, ya que aumentan el contraste y el tamaño apreciable del grano. Por si esto fuera poco, se produce una alteración en el balance cromático de la imagen. Por todo ello, sólo debe forzarse la película cuando no haya más remedio.

El **forzado de diapositivas** se realiza mediante el incremento del primer revelado (en tiempo ó temperatura):

- + 1 paso: aumentar el tiempo en un 33% (normalmente, 2 minutos)
- + 2 pasos: aumentar el tiempo en un 85% (5 minutos)
- + 3 pasos: aumentar el tiempo en un 160% (10 minutos)

Aunque no sea forzar, sino más bien lo contrario, también es posible sobreexponer y subrrevelar el material en color. Esto se emplea a veces para comprimir el contraste de una escena excesivamente contrastada. En el caso de las **diapositivas en color**, las opciones son las siguientes:

- - 1 paso: reducir en un 33% el tiempo en el primer revelador (normalmente, 2 minutos)
- - 2 pasos: reducir en un 50% el tiempo en el primer revelador (3 minutos)

- Cruzados.

Hablamos de *revelado cruzado* cuando procesamos en E-6 una película diseñada para ser revelada mediante el proceso C-41, y viceversa. El resultado varía según el producto concreto e *IE* que se emplee.

Por lo general, cuando cruzamos diapositivas obtenemos negativos muy contrastados, que al ser positivados sobre papel, muestran además una saturación muy superior a la aceptable como normal. Por su parte, si procesamos un negativo como si de una diapositiva se tratara, obtendremos una imagen con una tonalidad dominante más o menos magenta, producto de la capa de enmascarado típica de estos materiales.

Ver Figuras 8.2a. y 8.2b Cd-rom: " Ejemplos de procesos cruzados (2a = negativo procesado con E–6; 2b = diapositiva procesada con C–41 y posteriormente positivada"

8.10. Defectos Comunes y Causas. Evaluación de Resultados

Una vez expuesto y procesado el material fotográfico, es el momento de evaluar el resultado obtenido. Los defectos en las imágenes pueden deberse a un sinfín de causas. Para su estudio, conviene agruparlos según el momento cronológico en que han sido generados. Distinguiremos entonces los siguientes grupos:

1. Errores cometidos antes de la toma
2. Errores cometidos durante la toma
3. Errores cometidos antes del procesado
4. Errores cometidos durante el procesado
5. Errores cometidos tras el procesado

1. Errores cometidos antes de la toma

Puede producirse el velado parcial o total del material si lo hemos cargado a plena luz. Este problema es especialmente común al fotografiar con emulsiones sensibles al IR, por nuestra incapacidad para detectar la presencia de este tipo de radiaciones.

Por otro lado, no debe obviarse la posibilidad de que el material presente problemas debidos a un almacenaje inadecuado, lo que puede provocar una respuesta irregular a la luz durante la exposición.

2. Errores cometidos durante la toma

Los más comunes son los derivados de una exposición inadecuada (sub o sobreexposición), o bien la pérdida de nitidez por un mal enfoque, trepidación de la cámara o simplemente por haber seleccionado un tiempo de exposición demasiado largo para fotografiar un objeto en movimiento.

Veamos una **lista más detallada de todos los errores posibles** durante la toma:

- Película sin exponer por carga inadecuada (la película no ha enganchado en el eje de arrastre).
- Película desgarrada parcial ó totalmente a causa de un arrastre demasiado enérgico. A menudo, esto provoca que la película no pueda volver al chasis una vez expuesta, con el consiguiente riesgo de velado.
- Rayaduras longitudinales en la emulsión: pueden deberse a una mota de polvo o arenilla fijada en el mecanismo de arrastre de la cámara.
- Sub o sobreexposición: si se da por igual en todo el rollo, se debe a un ajuste erróneo de la sensibilidad de la película; si se da aleatoriamente, puede deberse a un mal manejo de la cámara, o bien a un comportamiento errático de obturador, diafragma o exposímetro. En el caso de la subexposición, otra causa posible es el llamado *efecto Schwarzschild*.
- Alteración del balance cromático (sólo en emulsiones en color), debido también al *efecto Schwarzschild*.
- Fotogramas desenfocados ó movidos, por selección de distancia de enfoque ó tiempo de exposición indebidos. Otra causa para la aparición de imágenes movidas puede ser la sujección inapropiada de la cámara ó la vibración del espejo, en el caso de cámaras réflex.
- Pérdida de contraste general o aparición de reflejos internos (a veces formando una imagen poligonal) A este defecto se le conoce como *flare*, y es típico de escenas a contraluz. En ocasiones, puede resolverse insertando un parasol sobre el frontal del objetivo.

Ver Figuras 8.3. Cd-rom: " Ejemplo de imagen con *flare*, en la que se aprecia tanto la pérdida de contraste en las zonas de sombra como la formación de 2 imágenes poligonales, que corresponden al perfil que presentaba el diafragma del objetivo durante la toma."

- Falta de nitidez total ó parcial en la toma: puede deberse a suciedad en la lente, objetivo en mal estado ó empleo de un enfoque impreciso con una mínima profundidad de campo. También, aunque más raramente, podría deberse a la difracción producida por el empleo de una abertura de diafragma extraordinariamente pequeña.

3. Desde que acaba la toma hasta que comienza el procesado de la imagen, pueden darse ciertos errores, con las siguientes consecuencias:

- Velo general por exposición a la luz durante la carga del tanque de revelado en una habitación que no está completamente a oscuras, ó bien por haber demorado excesivamente el revelado de la película una vez expuesta.
- Manchas en forma de huellas digitales, etcétera, por un manipulado inadecuado del material sensible. Este defecto puede igualmente provocarse durante el revelado.
- Arborescencias negras, producto de la electricidad estática debida a un rebobinado apresurado en la espiral del tanque de revelado.

4. Muchos son los defectos que pueden provocarse en este punto del proceso fotográfico. Veamos primero los que se deben a una agitación inadecuada:

- *Efecto de adyacencia: producto de una escasa o nula agitación. Provoca la aparición de zonas sobrerreveladas junto a otras subreveladas*
- Efecto direccional o "arrastre de bromuro": se produce cuando no ha habido agitación o bien cuan ésta ha sido unidireccional. Se debe a la liberación de bromuro soluble por la plata revelada en las zonas muy expuestas. Este bromuro debe ser dispersado rápidamente para evitar que afecte a zonas sin exponer de la emulsión. La falta de agitación ó la agitación unidireccional provocan que el bromuro ataque a zonas concretas de la emulsión, generando zonas paralelas de densidad desigual.
- Efecto de borde: El revelador que está en contacto con zonas expuestas se agota rápidamente. Si junto a una zona que ha recibido mucha exposición se encuentra otra sin exponer, el revelador que está junto a esta segunda zona es "llamado" por la zona expuesta, aumentando el contraste entre estas 2 zonas limítrofes. El resultado es un borde más denso incluso que la zona expuesta próxima a él.
- Manchas circulares en el negativo: debidas a burbujas de aire en la superficie de la película, que impiden el acceso uniforme del revelador.

Además de éstos, durante el procesado pueden surgir muchos otros defectos en la imagen:

- Sobre o subrevelado general, debido a problemas con la dilución, tiempo, temperatura ó estado de conservación de la solución reveladora.
- Zonas lechosas (que pueden degenerar a pardas) en la emulsión, debidas a un fijado defectuoso. Si estas manchas aparecen transcurrido un tiempo desde el procesado, su origen puede deberse a un lavado incompleto. Si se observan manchas amarillas u opalescencias, son producto de un fijador agotado (precipitación de plata coloidal), mientras que si el tono es blanquecino, simplemente se trata de tiempo de fijado insuficiente.

- Imagen transparente, sin que aparezcan siquiera las guías de revelado: si esto ocurre, es que se ha alterado el orden de los líquidos de procesado. El fijador ha disuelto toda la plata de la emulsión antes de que el revelador tuviera ocasión de transformar los haluros expuestos en plata metálica. Como consecuencia de esto, la imagen latente no ha llegado a revelarse y se ha disuelto junto con la plata no expuesta.
- Reticulado de la gelatina: es debido a un cambio brusco y acusado en la temperatura o el pH de los baños.

5. Muchos aficionados creen estar a salvo de problemas una vez que el material ha sido procesado. Sin embargo, un secado inadecuado puede abortar todos los esfuerzos adotados hasta el momento par lograr imágenes inmaculadas. Pueden aparecer:

- Manchas en forma de gota, por escurrido irregular o bien suciedad adherida a la superficie de la película durante el secado. Todo ello es producto de la incorrecta manipulación de la película antes de su secado definitivo.
- Curvado exagerado de la película, por no haber colocado un peso en la parte inferior de aquélla durante el secado (el contrapeso obliga a la película a secarse estirada).
- Ondulado de las copias baritadas, producido por un secado incorrecto.

Ver Figuras 8.4. Cd-rom: "Rollo de película colgando a secar con su contrapeso"

A todo esto, debe añadirse la necesidad de escoger materiales inertes para envolver y almacenar nuestras fotos. Dependiendo del tipo de emulsión y soporte de que se trate, escogeremos sobres realizados con polietileno, polipropileno o bien papel de alta calidad, todos ellos libres de sustancias que puedan generar o acelerar el deterioro de nuestras preciadas imágenes. Una vez escogido el envoltorio adecuado, buscaremos para su almacenamiento un lugar que cumpla una serie de requisitos básicos (cierta ventilación, temperatura y humedad relativa estables, ausencia de emisiones de gases...) para asegurarnos la máxima perdurabilidad de nuestra colección.

Bibliografía Específica sobre el Tema VIII:

LIBROS:

ADAMS, Ansel: *El Revelado*. Madrid, Omnicón, 2.000.

ANÓNIMO: *Guía de Usuario para Adobe™ Photoshop™ 7.0*. A.S.I., 2.002
Ilford Cibachrome-A. Fribourg, Ilford, 1983

CLERC, Louis Philippe: *Fotografía: Teoría y Práctica*. Barcelona, Omega, 1975.

COOTE, Jack H.: *The Illustrated History of Colour Photography*. Surbiton, Fountain Press, 1993

DAVIS, Phil: *Más Allá del Sistema de Zonas*. Madrid, Omnicón, 1995.

EASTMAN KODAK COMPANY:
Copying and Duplicating. Publicación M-1. Rochester, Silver Pixel, 1996
Enciclopedia Práctica de Fotografía. Barcelona, Salvat, 1979. 10 tomos.
Kodak Color Darkroom Dataguide, Publicación R-19. Rochester, 1989
Seguridad en la Manipulación de Productos Químicos Fotográficos. Publicación Kodak XJ-4Sp. Madrid, 1982

JACOBSON, Ralph E.: *El Revelado*. Barcelona, Omega, 1978.
Manual de Fotografía. Barcelona, Omega, 1981.

TINSLEY, John: *Manual Práctico de los Procesos Rotativos*. Madrid, Omnicón, 1993.

ARTÍCULOS:

DAVIS, PHIL: *Can Film Really Be Pushed? Photo Techniques*, vol. 18, Número 4, julio/agosto 1998.

DONNELLON, Kenn: *Types of Color Prints: A Glossary. Photo Techniques*, vol. 18, Número 5, septiembre/octubre 1997.

REWICK, Robert R.:*Prefogging Color Transparency Film. Photo Techniques*, vol. 18, Número 2, marzo/abril 1997.

Apéndice a: Glosario de Procesos para Fotografía en Color

I. C-41

El proceso C-41 es el empleado para procesar material cromógeno negativo (también el cromógeno en blanco y negro). Consiste en los siguientes pasos:

a) Precalentamiento e la película en seco (facilita la uniformidad del procesado)
b) Revelado de Color (reduce la plata expuesta a plata metálica, a la vez que forma los colorantes en las 3 capas en cantidades proporcionales a la plata reducida en cada una de ellas)
c) Blanqueo (detiene el revelado y rehalogeniza la plata)
d) Lavado (evita la contaminación del fijador con restos de blanqueo, prolongando su vida útil)
e) Fijado (solubiliza todos los haluros, pues tras el blanqueo no hay diferencia entre los expuestos y los no expuestos)
f) Lavado
g) Estabilizado (favorece la conservación de los tintes que forman la imagen, al tiempo que facilita el secado uniforme al incorporar un agente humectante)

Defectos típicos en el C-41

- Un sobrerrevelado ó un blanqueo incompleto provocan el aumento de la densidad del negativo, tanto por aumento en la densidad de los tintes (primer caso) como por retención de la plata (segundo caso). Si el problema se debe al blanqueo, puede repetirse el proceso desde este baño.
- Un subrrevelado ó un blanqueo excesivo provocan una disminución en la densidad general de la imagen.

II. E-6

Recibe este nombre por ser 6 los baños básicos del proceso (sin contar los numerosos lavados). Pese a todo, es posible encontrar *kits* para proceso E-6 compuestos únicamente por 4 o incluso 3 baños). Es el proceso para películas diapositivas convencionales (sustantivas), que incorporan en cada capa de emulsión los copulantes formadores de la imagen en color.

El proceso consiste en:

- Atemperado previo (elimina el tinte antihalo, los filtros para limitar la exposición de cada capa a los colores deseados y sensibilizadores espectrales de cada capa)
- Primer revelador (produce una imagen [negativa] en plata metálica)
- Lavado (detiene la acción del revelador e impide la contaminación del baño inversor)
- Baño Inversor (en él, la plata no expuesta es velada químicamente, para que sea susceptible de formar una imagen visible [positiva] por nuevo revelado)
- Revelador de color (revela la imagen positiva formada durante el baño inversor , al tiempo que genera tintes de color en aquellas zonas donde está teniendo lugar dicho revelado)
- Acondicionador (prepara la plata metálica para su rehalogenización en el siguiente baño, al tiempo que evita la pérdida de acidez del blanqueo por contaminación con restos de revelador)
- Blanqueo (rehalogeniza la plata para su posterior eliminación)
- Fijador
- Lavado
- Estabilizado

Los kits en 4 baños omiten el acondicionador y unen blanqueador y fijador en un baño único (*blix*, del inglés “bleach & fix”, es decir, “blanqueo y fijador”). Los kits en 3 baños unen baño inversor y revelador cromógeno por un lado, y blanqueador y fijador (*blix*) por otro.

Defectos típicos en el proceso E-6:

- Problemas de densidad general de la imagen: error en el Primer Revelador ó bien en la exposición
- Problemas de balance cromático: error en el Revelador de Color
- Dominante verdosa: contaminación del primer revelador con blanqueador ó bien subrrevelado
- Cualquier otra dominante de color: tanques ó espirales sucias

III. KR-14

Proceso exclusivo para el material Kodachrome™. Consta de sucesivos baños reveladores para las diferentes capas de emulsión. A diferencia de lo que ocurre con los materiales cromógenos y el proceso E-6, cada revelador incorpora los copulantes necesarios para la formación de los tintes. La película, pues, carece de dichos copulantes, que son añadidos durante el procesado.

IV. RA-4

Proceso para copias cromógenas a partir de negativos. Es similar al C-41, salvo en que suele unificar blanqueo y fijado en un baño único (*blix*). Suele emplearse a baño perdido. Si se pretende su reutilización, habrá que intercalar un baño de ácido acético al 3% entre el revelador y el lavado siguiente.

Defectos en el proceso RA-4:

- Bandas de densidad desigual: humedad en el tambor de procesado previa a éste
- Contraste excesivo: trazas de blix en el agua del precalentamiento
- Contraste flojo: subrrevelado
- Dominante leve azulada: revelador agotado u oxidado
- Dominante fuerte azulada: velado por luz de seguridad ó ampliadora
- Dominante amarillenta: papel velado con luz-día
- Dominante marrón oscura: se ha retirado del cabezal de la ampliadora el filtraje seleccionado para la exposición
- Reproducción sucia de los amarillos: falta de blanqueo

- Áreas blancas ovaladas ó redondas: papel introducido en el tambor de revelado con la emulsión hacia fuera ó bien falta de nivelación en el tambor durante la agitación

V. R-3, R-3000

Se trata de procesos cromógenos para obtener copias positivas a partir de diapositivas. El procedimiento es similar al de obtención de diapositivas (E-6), pero más simple, pues la inversión y velado químicos van unidos a la formación de la imagen en color. Asimismo, el blix sustituye a blanqueo y fijador. El proceso completo no dura más de 15 minutos:

- Primer Revelador
- Lavado
- Revelador Cromógeno
- Lavado
- Blix
- Lavado Final

La única diferencia entre los procesos R-3 y R-3000 es que el primero está pensado para máquinas industriales de rodillos y el segundo para procesadores rotativos caseros.

VI. P-30P

Conocido como proceso de obtención de imágenes por destrucción de tintes y blanqueo de plata [*"silver – dye bleach"*]. Es el sistema de revelado del material Ilfochrome Classic™ (antiguamente comercializado con el nombre *Cibachrome*™). Por la gran calidad de sus imágenes y su elevada estabilidad constituye el material de referencia para cada nuevo producto que aparece en el mercado. A grandes rasgos, el proceso de destrucción de tintes y blanqueo de plata consiste en los siguientes pasos:

- Primer Revelador: Cada capa registra una imagen de plata metálica proporcional a la cantidad de luz recibida del color al que es sensible
- Lavado
- Baño de Blanqueo: Los tintes son eliminados de cada capa de forma proporcional a la cantidad de plata reducida
- Fijador: Rehalogeniza la plata expuesta y disuelve toda (la expuesta y la no expuesta)
- Lavado: Elimina la plata la plata y los restos de fijador

Apéndice b: Límites al aprovechamiento de los materiales sensibles

1. Prevelado

El prevelado ó preexposición del material sensible, anterior a la exposición formadora de la imagen, es un recurso empleado a menudo para aumentar la sensibilidad efectiva de la emulsión y reducir el contraste de la imagen definitiva. Puede utilizarse con cualquier tipo de emulsión, pero es especialmente adecuada cuando se fotografían sujetos muy contrastados con película diapositiva (que no permite gran manipulación del contraste durante su copiado) y con material de copia en blanco y negro (papel).

El prevelado permite mejorar el detalle en las sombras sin que las altas luces lo pierdan totalmente.

El procedimiento es el siguiente:

i. Enfocar y componer la escena con ayuda de un trípode.
ii. Evaluar la exposición adecuada.
iii. Exponer la película a un nivel de luz entre 2 y 3 pasos inferior al necesario para una exposición correcta. Para ello, se emplea un filtro difusor blanco en el objetivo, de modo que la exposición sea uniforme en todo el fotograma. Como la exposición no formará imagen, puede emplearse cualquier pieza de material blanco traslúcido, como un pedazo de metacrilato blanco ó plexiglás. El nivel de luz necesario para esta preexposición dependerá del ratio de reflectancias del sujeto, así como de la curva característica del material empleado y el factor de flare del sistema de captación. Una preexposición demasiada elevada tenderá a la sobreexposición de los medios tonos…
iv. A continuación, retirar el difusor y exponer de acuerdo a la medición del exposímetro de la cámara.

Ver Figura 8.5. Cd-rom:

Al efectuarse en la propia cámara es preciso que ésta disponga de algún mecanismo que permita dobles exposiciones. Lógicamente, también será preciso contar con trípode y cable disparador, o bien echar mano del retardador del disparo.

2. El Sistema de Zonas y los Forzados

Forzar consiste en subexponer y sobrerrevelar. El grado de sobrerrevelado depende de las características específicas de la emulsión, pero (en negativos de blanco y negro) suele suponer entre un 30 y un 50% de aumento sobre el tiempo original por cada paso de subexposición. En cualquier caso, no se recomienda forzar más allá de 3 pasos.

El forzado supone un aumento del tamaño del grano y el contraste, y por lo tanto, una pérdida general en la calidad de la imagen.

La subexposición trae consigo inevitablemente la pérdida del detalle en las sombras. La Zona III (última zona con detalle completo) pasa a ser Zona II, mientras que ésta pasa a ser Zona I, con lo que se pierde cualquier rastro de detalle en ella. El posterior sobrerrevelado no podrá recuperar el detalle en las sombras, porque donde no hay plata expuesta no es posible obtener imagen.

Por lo que respecta a las emulsiones en color, la posibilidad de forzar es bastante más reducida, pues al afectar de modo distinto a las 3 emulsiones de la película, el balance cromático se altera. Generalmente, el fabricante indica la posibilidad ó no de forzar sus materiales, adjuntando los datos de corrección necesaria de filtrado y tiempo de procesado (generalmente, el cambio afecta sólo al primer revelador). Existen además películas especiales llamadas *multispeed* que pueden ser expuestas a distintas sensibilidades y reveladas de modo convencional sin gran pérdida en su calidad general. En ellas, el aumento de exposición inhibe el efecto del revelador sobre la imagen latente. Es muy probable que estas emulsiones vengan ligeramente preveladas de fábrica, con lo que una exposición excesiva puede reducir la densidad de la imagen, compensándola con la de aquéllas correctamente expuestas.

Apéndice c: Monobaños

Se trata de soluciones que combinan un agente revelador y sales fijadoras, de modo que un único líquido puede producir en un breve lapso de tiempo un negativo totalmente procesado. La fórmula se diseña en función de la naturaleza del agente revelador escogido. El fijador deberá tener un cierto período de inducción, de modo que no empiece a actuar hasta que el revelador se ha agotado. En la práctica, esto no es posible, y se produce un cierto efecto de *revelado físico*, con la plata solubilizada por el fijador depositándose en los centros de revelado aún por reducirse a plata metálica.

En las soluciones monobaño no hay lugar para baño de paro. La invención del proceso monobaño data de 1.889 y desde entonces no ha habido mejoras apreciables en su formulación. En todo caso, su uso es ciertamente restringido. Sus ventajas (fundamentalmente, la rapidez y comodidad de uso) no superan a sus inconvenientes (gradación y densidad máxima limitadas, rápido agotamiento y riesgo de velo dicroico). Las fórmulas más recientes emplean fenidona y han logrado elevar en parte la densidad general, de por sí muy limitada.

La temperatura de procesado no es particularmente crítica, ya que afecta por igual al revelado y al fijado. Lo mismo ocurre con el tiempo y la agitación. La película suele dejarse en la solución monobaño hasta que cesa la actividad de la solución.

Una solución monobaño típica está formada por metol–hidroquinona o bien fenidona–hidroquinona, una elevada proporción de hidróxido sódico (como álcali) y alumbre potásico (como conservante, estabilizador y facilitador del hinchado rápido de la gelatina). La concentración de los ingredientes reveladores es muy superior a la normal (hasta 5 veces). El pH se sitúa en torno a 11 ó 12 y el contenido en tiosulfato sódico es limitado. El tiempo de procesado puede estar en torno a los 3 minutos a 24°C.

Puede aumentarse el contraste y la densidad máxima sustituyendo el metol por fenidona y el alumbre por formalina. Si se pretende aumentar la sensibilidad efectiva de la emulsión, deberá elevarse el pH de la solución, lo que se logra reduciendo la proporción de tiosulfato respecto a los agentes reveladores, ó bien elevando la temperatura de forma considerable. Si lo que se busca es acortar el tiempo de procesado, habrá de aumentarse la concentración de metol (ó fenidona) empleada.

Por el contrario, si lo que se pretende es reducir el contraste, bastará con reducir la agitación y/ó el pH de la solución, ó bien aumentar la concentración de sales fijadoras.

Apéndice d: Revelado *Físico* y Revelado *Químico*

Existen 2 métodos para transformar los iones–plata en plata metálica, ó lo que es lo mismo, en hacer visible la imagen latente. Se trata del revelado físico y el revelado químico.

Mediante el revelado físico, el agente revelador reduce una sal de plata añadida al propio revelador, de forma que la plata metálica formada se deposita en los centros de imagen latente, en la emulsión. Es decir, la plata necesaria para la formación de la imagen no la aporta la emulsión, sino el revelador. Por lo tanto, este procedimiento de revelado permite fijar la imagen antes del revelado, pues el fijador únicamente solubiliza la plata no expuesta. La imagen latente no es afectada por el fijador, por lo que el posterior revelado físico depositará sobre ella la plata metálica generada en el propio líquido revelador.

Según se emplee el fijador antes ó después del revelado físico, la estructura de la plata metálica resultante será diferente: *casi circular, con centro en la imagen latente* (cuando se fija antes) *ó más alargada* (si se opta por el fijado final).

Todo revelado físico ofrece un grano de plata más pequeño que el revelado químico. Esto contribuye a que la tonalidad de la imagen formada sea más clara. El revelado físico fue muy empleado durante el siglo XIX, por ejemplo en la realización de *ambrotipos*.

El revelado químico es el más común. En él, la solución reveladora sólo reduce la plata ya existente en la emulsión, sin añadir más plata a ésta. Estos reveladores contienen iones–sulfito, que actúan como disolvente del bromuro de plata, haciendo que los iones de plata pasen al revelador.

La estructura de la plata formada por revelado químico depende del agente revelador empleado, de la exposición y de otros factores difícilmente cuantificables. Generalizando, se habla de *plata filamentaria*, mucho mayor que la *plata fotolítica* formada en los materiales de ennegrecimiento directo y que la *plata físicamente revelada*, ya comentada.

Apéndice e: Procesado de Imágenes Digitales

La revolución digital ha acabado con todo el trabajo fotográfico propio del cuarto oscuro. Las imágenes captadas con cámaras digitales y escáneres no precisan revelado en producto químico alguno. Por el contrario, son directamente descargadas en el disco duro del ordenador o en algún otro sistema de almacenamiento informático. Incluso es posible imprimirlas directamente sin visualización previa en monitor alguno.

Sin embargo, no ha desaparecido la necesidad de realizar ciertos tratamientos en imágenes digitales que, empleadas tal y como fueron tomadas, no cumplirían nuestras expectativas. Por ejemplo, puede ocurrir que deseemos alterar el contraste o el balance cromático con el que se captó la imagen. O bien, que nos interese variar el tamaño al que la imagen debe ser impresa. Incluso es posible que deseemos introducir en ella elementos que no aparecían en la imagen original, o eliminar alguno que no queremos reproducir y que "estaba allí". Todo esto puede hacerse con la ayuda de alguno de los numerosos programas de *tratamiento de imágenes*. El programa de este tipo más empleado en todo el mundo es el *Adobe Photoshop™*. Con él pueden emularse prácticamente todos los trucos reservados antiguamente a los grandes técnicos del laboratorio fotográfico, además de proponer un sinfín de nuevos efectos, impensables con los recursos de la fotografía analógica tradicional.

Ver Figura 8.6. Cd-rom:

IX. Composición

9.1. Introducción. Elementos y Reglas Básicas de Composición

A menudo quedamos impresionados por una imagen, sin saber muy bien a qué se debe esto. En ocasiones, somos capaces de intuir la razón del impacto que dicha imagen provoca en nosotros: puede ser algún objeto o persona quien, desde la imagen, llame poderosamente nuestra atención.

Pero otras muchas veces no somos capaces de argumentar las causas por las que una imagen nos resulta atrayente mientras otra similar, incluso compuesta a partir de los mismos elementos, nos resulta vulgar o hasta desagradable.

En este capítulo trataremos acerca de ciertos principios universalmente observados que hacen de unas imágenes más interesantes que otras. A partir del estudio de diversos ejemplos, trataremos de explicar ciertas reglas compositivas que parecen cumplirse en la práctica fotográfica. Algunas de estas leyes han sido trasplantadas directamente de las Bellas Artes, concretamente, de la Pintura. Otras no son más que el fruto de la experiencia aportada por casi dos siglos de actividad de innumerables fotógrafos y estudiosos de la imagen fotográfica.

Sugerencia:

En todo caso, y antes de comenzar, conviene aclarar que no es preciso atenerse siempre y en toda ocasión a dichos principios o reglas, pues su seguimiento a la hora de realizar fotografías no conlleva necesariamente el éxito. Pese a ello, su conocimiento e interiorización puede, en ocasiones, mejorar una imagen mediante un mínimo cambio en la elección del encuadre, la distancia de enfoque o la lente.

Por otro lado, sólo el conocimiento y dominio de la técnica nos brinda la posibilidad de romper las reglas de un modo coherente para así obtener resultados diferentes a la norma y, por lo tanto, novedosos y "creativos".

9.2. Elección del Punto de Vista

Cuando nos decidimos a fotografiar, a menudo nos dejamos llevar por un impulso ante algo que nos llama la atención. En muchas ocasiones, procedemos a disparar nuestra cámara de manera casi automática, tal vez con la urgencia de quien piensa que la imagen mental que tenemos de nuestro sujeto no durará más de un instante. Esto suele llevar a que la gran mayoría de las imágenes se tomen a una altura aproximada de entre 140 y 170cm respecto del suelo. ¿Cómo es posible? Muy sencillo: ésa es la distancia promedio que separa nuestros ojos del suelo...

Ver Figura 9.1.1. Cd-rom: "Mismo motivo, diferentes puntos de vista"

La gran mayoría de aficionados a la Fotografía no se plantea la posibilidad de variar este tópico punto de vista. Sin embargo, una imagen puede ganar de forma inmediata simplemente variando esto. Por ejemplo, una persona de corta estatura aparecerá realzada si se baja ligeramente el punto de vista desde el que se le fotografía.

Ver Figuras 9.1.2. , 9.1.3. y 9.1.4. . Cd-rom: "Mismo motivo, diferentes puntos de vista"

Compare las imágenes anteriores y observará las enormes posibilidades que brinda el mero hecho de cambiar el punto de vista a la hora de plantearse una fotografía...

9.3. Punto, Línea, Plano

Ver Figuras 9.2.1. y 9.2.2. . Cd-rom: "Una con un único elemento de interés y otra con múltiples elementos"

La primera regla que conviene observar a la hora de realizar fotografías es la de la simplicidad: las imágenes más sencillas suelen resultar más interesantes para el espectador.

Observe las dos imágenes situadas sobre estas líneas. La primera de ellas muestra un grupo de personas, mientras que la segunda, compuesta también por un número más o menos numeroso de individuos, hace recaer la atención del espectador en un único sujeto. El elevado número de elementos de igual importancia aparente que forman la primera imagen provoca una gran dificultad para ordenarlos de forma agradable a la vista. El resultado es un conjunto de personajes repartidos por la imagen de un modo desordenado. Posiblemente, cualquiera de ellos podría tener suficiente interés como para ser el tema principal de una fotografía, pero al aparecer todos juntos sin un plan aparente, el resultado es mediocre.

También la imagen de la derecha muestra a varios sujetos, pero resulta evidente que aquí el interés se ha centrado en una única niña. El resto del grupo aparece como contrapunto, incluso algunos de los niños sólo son mostrados parcialmente. El fotógrafo trató así de concentrar la atención del espectador sobre un punto de la imagen, de modo que aquélla no se disperse y acabe perdida y desorientada.

Cuando nos iniciamos en la Fotografía tendemos a buscar motivos estéticamente interesantes, tratando de retratarlos en su integridad. Esto comporta casi inevitablemente la necesidad de emplear distancias de toma largas o bien objetivos de amplio ángulo visual (angulares), de modo que pueda captarse una gran porción de realidad en una sola imagen. Estas imágenes suelen decepcionarnos por su frialdad y desorden. Resulta mucho más práctico establecer cuál de los elementos nos parece más interesante, y aislarlo como principal tema de la fotografía. De este modo, logramos dos

objetivos: por un lado, simplificamos nuestra tarea al reducir el campo cubierto, pues resulta más sencillo captar de forma agradable un elemento que no varios. Por otro lado, simplificamos la tarea del observador de nuestra imagen, cuya atención irá directamente hacia su principal –o incluso único– elemento.

Ver Animación 9.3. Cd-rom: "Imagen con 2 elementos de interés y esquema de cómo se ha resuelto dicha imagen"

A menudo, puede haber dos o más elementos de igual valor en una imagen. Por ejemplo, podemos querer fotografiar a una pareja de novios o a tres hermanos, o a la plantilla completa de un equipo de fútbol. ¿Qué hacer en ese caso? Si se trata de dos elementos, una buena idea consiste en tratar de situarlos formando una línea. Si se trata de personas o animales, conviene además tener en cuenta la dirección de sus miradas: la mirada de una persona, suele crear de modo implícito una línea invisible de gran fuerza en la imagen.

Ver Animación 9.4. Cd-rom: "Imagen con varias personas y esquema de cómo se ha resuelto dicha imagen basándose en la dirección de sus miradas"

También la trayectoria aparente de un objeto en movimiento puede crear una línea de fuerza en la imagen. Esto explica porqué resulta más creíble una fotografía de una persona u objeto en movimiento si al fotografiarlo dejamos más espacio libre por delante que por detrás de él.

Ver Animación 9.5. Cd-rom: "Imágenes de un mismo sujeto en movimiento, con más "aire" por delante y por detrás, respectivamente"

Observe con atención estas dos imágenes. Seguramente, le resultará más lograda la que muestra mayor porción de espacio vacío por delante del sujeto en movimiento. Puede que, incluso, la otra imagen le provoque la sensación de que el vehículo está frenando en su impulso. Lo único que ha variado entre una y otra imagen ha sido el espacio libre dejado a ambos lados del elemento principal. Curioso, ¿verdad?

Ver Animación 9.6. Cd-rom: "Imagen con 3 elementos fundamentales y esquema de cómo se ha resuelto dicha imagen"

Cuando el número de elementos aumenta, crecen también las dificultades para ordenarlos de modo armónico. La tendencia debe ser entonces la de tratar de situarlos como vértices de un polígono más o menos regular y cuyo número de lados sea igual al de elementos. En el ejemplo que aparece sobre estas líneas podemos observar el modo en que se han situado 3 elementos de igual importancia en una misma imagen. El resultado es un área triangular donde se concentra el interés del observador.

Ver Animación 9.7. Cd-rom: "Imagen con un elemento fundamental repetido reiteradamente y esquema de cómo se ha resuelto dicha imagen"

Cuando fotografiemos objetos o situaciones que presentan elementos reiteradamente repetidos, podemos obtener resultados atractivos aislando dichos elementos, de modo que su repetición rítmica constituya el motivo principal de la imagen.

9.4. Simetría y Asimetría

Ver Figuras 9.8.1. y 9.8.2. Cd-rom: "Imágenes de composición simétrica y asimétrica"

Llegados a este punto conviene tratar la cuestión de la simetría en la imagen. ¿Es pertinente repartir de modo más o menos simétrico el peso de los elementos en una imagen? Sobre esto hay diversas opiniones, ninguna de ellas definitiva. Es cierto que una excesiva simetría puede en ocasiones provocar cierto estatismo en la imagen, pero también es cierto que algunos sujetos pueden requerir dicho efecto de equilibrio estático. En el fondo, como ya se dijo en la introducción de este capítulo, cualquier decisión es válida si el resultado la justifica.

Ver Animaciones 9.9.1. y 9.9.2. Cd-rom: "Imágenes de formato cuadrado y rectangular, con los ejes de simetría sobreimpresionados de forma intermitente"

Lo cierto es que el formato empleado puede en muchas ocasiones dar la pista sobre si conviene o no buscar la simetría en la imagen. Algunos fotógrafos optan casi en exclusiva por el formato cuadrado, tradicionalmente considerado como el más equilibrado y "tranquilo" de los formatos fotográficos, debido a que todos sus posibles ejes de simetría son idénticos. Se ha dicho a menudo que este formato es especialmente adecuado para el retrato por las posibilidades que ofrece, tanto para situar al modelo en su centro físico, como para llevarlo hacia un lado y compensar esto con la inclusión en el lado opuesto de algún elemento que nivele el peso de la imagen. El formato rectangular, por su parte, nos ofrece la posibilidad de escoger entre la disposición horizontal o vertical, según convenga a la naturaleza de nuestro motivo.

Ver Figuras 9.10.1. y 9.10.2. Cd-rom: "Imágenes de composición vertical y horizontal"

En todo caso, no debemos confundir equilibrio y simetría. El primero puede lograrse sin necesidad de recurrir a la segunda.

Ver Figuras 9.11.1. y 9.11.2. Cd-rom: "Imágenes de composición vertical y horizontal"

9.5. Sección Áurea y Regla de los Tercios

La llamada *Regla de los Tercios* recomienda situar los elementos clave en alguno de los puntos de intersección de las líneas imaginarias que dividen a la imagen en 3 secciones idénticas, tanto horizontal como verticalmente. Veamos un ejemplo:

Ver Figura 9.12. Cd-rom: "Diapositiva sin imagen"

Tomemos una diapositiva de formato 135. Sabemos que sus medidas son 24 x 36mm. Si dividimos entre 3 ambas medidas y trazamos paralelas a las distancias resultantes, obtendremos una cuadrícula en la cual existen 4 puntos de intersección entre las líneas creadas.

Ver Animación 9.13. Cd-rom: "La misma diapositiva de la figura 10, esta vez con una cuadrícula superpuesta, en la que se destacan los 4 puntos de intersección de las líneas"

Pues bien, esos 4 puntos constituyen los "puntos fuertes" de la imagen. Según la Regla de los Tercios, es en alguno o en varios de esos puntos donde deben colocarse los elementos más importantes de la imagen, porque es en ellos donde se concita la mayor atención por parte del observador.

Ver Animación 9.14. Cd-rom: "Diapositiva que aprovecha la Regla de los Tercios, con la cuadrícula intermitentemente sobreimpresionada"

Una aplicación directa y típica de esta regla consiste en situar el horizonte en la línea que marca el tercio superior de la imagen. También puede hacerse lo mismo empleando la línea que marca el tercio inferior. En todo caso, cualquiera de estas soluciones suele ser preferible a la de colocar el horizonte en el centro de la imagen.

Ver Animaciones 9.15.1. , 9.15.2. y 9.15.3. Cd-rom: "Imágenes similares salvo por el lugar que ocupa el horizonte en cada una de ellas: en la primera el horizonte se halla en el tercio inferior; en la segunda, en el centro; y en la tercera, en el tercio superior"

Pero esta regla tiene otras muchas aplicaciones, como el equilibrar una imagen empleando 2 puntos fuertes enfrentados diagonalmente para colocar otros tantos elementos clave en la imagen.

Ver Animación 9.16. Cd-rom: "Diapositiva que aprovecha la Regla de los Tercios para situar enfrentados diagonalmente dos elementos, con la cuadrícula intermitentemente sobreimpresionada. Junto a esto, un gráfico explica la forma en que ambos elementos interactúan"

La Regla de los Tercios es una derivación de la *Sección Áurea*. En realidad, existe cierta confusión entre ambas normas. La Sección Áurea forma parte de la tradición pictórica occidental, y consiste en un sistema para dividir proporcionalmente una línea en partes asimétricas pero estéticamente equilibradas. La Sección Áurea es aquélla cuya relación entre el fragmento mayor y el todo es de 0'618, exactamente igual que la existente entre el fragmento menor y el mayor. La aplicación de esta regla ofrece un resultado similar, pero no idéntico, al de emplear la Regla de los Tercios.

Ver Figuras 9.17.1. y 9.17.2. Cd-rom: "Ejemplos de las líneas y puntos fuertes que se crean mediante la Regla de los Tercios y la Sección Áurea, respectivamente"

También es posible crear sucesivamente nuevos rectángulos proporcionales a partir de otro originalmente creado mediante la Sección Áurea.

Ver Animación 9.18. Cd-rom: "Muestra la formación de sucesivos rectángulos proporcionales empleando el número mágico como factor constante de multiplicación"

9.6. Dirección y Calidad de la Luz. Textura

La forma en que la luz incide sobre la escena determina el resultado final de nuestras imágenes. La Fotografía consiste en la captación de la luz reflejada por la materia, por lo que no podrán obtenerse imágenes semejantes de un mismo objeto si éste es iluminado de una forma u otra.

En el próximo capítulo trataremos sobre la forma más conveniente de iluminar determinados sujetos. Por el momento nos limitaremos a llamar la atención sobre la importancia que la dirección de procedencia de la luz tiene a la hora de escoger el punto de vista más atractivo para fotografiar un sujeto cualquiera. Antes de plantearnos realizar una fotografía, conviene pararse a pensar de dónde procede la luz. Para ello, el recurso más común consiste en fijar nuestra atención en la forma y dirección de las sombras. Si son alargadas y muy densas podemos deducir que la fuente de luz es dura o lejana y está situada a no demasiada altura respecto a los elementos que aparecen en la imagen. Si, por el contrario, la imagen no presenta sombras pronunciadas, esto puede deberse a que la iluminación es muy suave, de poco contraste, o bien a una posición cenital de la fuente de luz principal.

Ver Figuras 9.19.1. y 9.19.2. Cd-rom: "Ejemplos de imágenes con iluminación lateral y cenital"

De estas 2 imágenes, la primera fue tomada al mediodía, con el sol situado en lo más alto. A consecuencia de ello, no se observan grandes zonas en sombra, pues ésta caería justo bajo los objetos. Por su parte, las fuertes sombras laterales de la otra imagen muestran que ésta se tomó a una hora más temprana o bien más tardía, en cualquier caso, con el sol situado a menos altura.

Ver Figura 9.20. Cd-rom: "Ejemplo de imagen con textura acentuada"

Una iluminación contrastada, propia de un día claro y soleado, provoca una mayor definición en la reproducción de los detalles superficiales. Si además la luz cae lateralmente –a ras de superficie– sobre los objetos, aumenta la sensación táctil de la materia, lo que se denomina comúnmente *textura*. Este término se emplea para designar aquellas situaciones en las que es posible distinguir nítidamente la estructura superficial de los objetos, su rugosidad o pulimento, incluso la materia prima de que están hechos. Como es lógico, una iluminación difusa, sin una procedencia clara, reduce el contraste al tiempo que elimina cualquier atisbo de textura en la imagen.

9.7. Color: Consonancia y Disonancia, Complementariedad y Similitud

Cuando en el capítulo I estudiamos la forma en que nuestros ojos captan el color, observábamos cómo no es posible reducir su naturaleza a una explicación mecanicista. La percepción del color por el ser humano se ve influida tanto por factores fisiológicos como por factores psicológicos y ambientales.

9.7.1. Color y Contraste

Por lo general, definimos el contraste como la diferencia entre la luz reflejada por las sombras y las luces en una escena. Cuando fotografiamos en color, el contraste resulta determinado además por las tonalidades concretas que aparecen en la imagen.

Como sabemos, la luz blanca es la suma proporcional de tres tonalidades primarias (Azul, Rojo y Verde), conocidas como colores *primarios aditivos*. Cada color primario tiene un *complementario*, que es la suma de las otras dos tonalidades primarias. Estos colores complementarios también reciben el nombre de colores *primarios sustractivos*. Así, el complementario del Azul es el Amarillo (resultado de sumar Rojo y Verde). El complementario del Rojo es el Cian (Azul + Verde). Y el complementario del Verde es el Magenta (Azul + Rojo). Todo esto puede verse en un típica "rueda de colores" o círculo cromático.

Ver Figura 9.21. Cd-rom: "Ejemplo de círculo cromático"

El contraste en una imagen en color aumenta cuando se yuxtaponen colores alejados en el círculo cromático. Por ejemplo, una imagen que muestre un buzón de correos amarillo junto a un muro pintado de color cian presentará un contraste visual mayor que si el muro está pintado de verde, aún en el caso en que ambos colores reflejen la misma intensidad de luz. Esto se debe a la mayor dificultad que el ojo encuentra para leer al mismo tiempo y con detalle diferentes longitudes de onda.

Ver Figura 9.22. Cd-rom: "ejemplo de aumento en el contraste aparente por empleo de tonos diferentes"

Otra forma en la que crece el contraste de una imagen es mediante el empleo indiscriminado y conjunto de tonalidades frías (azules, verdes, cianes) y cálidas (amarillos, rojos, magentas). Allí donde aparezca una tonalidad fría junto a una cálida, la sensación de oposición entre ambos colores provocará un contraste elevado.

Por el contrario, para lograr una imagen en color de bajo contraste emplearemos una reducida escala tonal. Esto no implica necesariamente una iluminación plana. Puede lograrse una imagen de bajo contraste a partir de una situación en la que los valores de luz reflejada por los distintos elementos sean muy distintos. Bastará con escoger pocos tonos y que éstos sean "cercanos" en el círculo cromático.

Ver Figura 9.23. Cd-rom: "Ejemplo de imagen de bajo contraste aparente por empleo de tonos similares"

9.7.2. Componentes del Color

Un color se define por tres variables: *tonalidad*, *saturación* e *intensidad*. La primera hace referencia al nombre del color (Rojo, Amarillo, Azul, Verde...). La *saturación*, por su parte, se refiere a la pureza del color, esto es, a la mayor ó menor presencia de otras tonalidades junto con la tonalidad dominante. Otra forma de definir el grado de saturación de un color sería respecto a la cantidad de blanco que tiene en su composición (a mayor cantidad de blanco, menor saturación).

Ver Figura y Animación 9.24. Cd-rom: "Ejemplo de la variación del grado de saturación a lo largo de una escala de colores"

Por último, la *intensidad* hace referencia al aspecto más ó menos brillante del color respecto a los demás tonos presentes en la escena.

Sugerencias:

Unos ejemplos ayudarán a comprender estos tres conceptos. El Negro puede ser cualquier tonalidad totalmente desaturada y carente de intensidad lumínica. El Blanco está igualmente desaturado al máximo, pero su intensidad es elevada. El Rojo es una tonalidad que puede presentar distintos grados de saturación e intensidad. Una piel sonrojada, por ejemplo, presenta una tonalidad roja desaturada, mientras que la sangre presenta una tonalidad roja muy saturada. Si imaginamos un coche rojo aparcado parcialmente a la sombra de un árbol, aquella parte del coche situada en sombra presentará una menor intensidad de luz, pero igual tonalidad y saturación que la parte al sol. Sólo si existe algún reflejo en la parte del coche situada al sol, podrá hablarse de una zona con menor saturación de color.

Como ya hemos señalado, la percepción del color por el ojo humano está influida por numerosos factores y no es la misma en todas las ocasiones. Observe atentamente los círculos que aparecen en la siguiente imagen:

Ver Animación 9.25. Cd-rom: "Ejemplos de puntos de un mismo color, aparentemente diferentes a causa de los colores que los rodean"

Posiblemente, le parezca que algunos de los círculos son más oscuros que otros. Sin embargo, todos ellos son exactamente iguales. Su distinta apariencia se debe a la distinta luminosidad de los tonos adyacentes. Cuanto más claro es el color que rodea al círculo, éste parece ser más oscuro y viceversa.

Sugerencia:

Por otro lado, el ojo humano es capaz de percibir cualquier objeto Siempre con la misma tonalidad, independientemente del color de la luz que le ilumine. Así, cuando entramos en una habitación iluminada con bombillas de incandescencia (que, como sabemos, emiten luz amarillenta), somos capaces de distinguir perfectamente los colores sin que la naturaleza de la luz ambiental afecte a nuestra percepción. Esto no ocurre con la película fotográfica en color, que está calibrada generalmente para una luz "neutra" ó blanca.
Por lo que respecta a la saturación y la intensidad, ambas son también relativas y dependen del entorno. Acabamos de ver cómo un objeto coloreado puede resultar a nuestros ojos más claro si se le sitúa sobre un fondo oscuro que si lo hacemos sobre un fondo claro.

Para acabar de complicarlo todo, debemos añadir que la memoria visual del ser humano es muy pobre. Incluso para una tonalidad perfectamente conocida (como, por ejemplo, el rojo típico de una marca de refrescos de fama universal como la Coca-Cola®), un grupo de personas difícilmente se pondrá de acuerdo a la hora de seleccionarla correctamente en un "test ciego".

Al igual que ocurre con el contraste, existen varias formas de controlar tanto el tono como la intensidad y la saturación de los colores de una escena. Pero vayamos por partes.

En primer lugar, el tono general de una escena vendrá determinado, como vimos, por el color de la iluminación empleada, así como por la adecuación de ésta al tipo de película utilizado (sea de luz día o de luz de tungsteno). Por ejemplo, la luz solar no es del mismo color a lo largo de todo el día: a primeras horas es más cálida (menor temperatura de color); al mediodía la luz tiende a ser más "blanca" (mayor temperatura de color) y al atardecer la luz vuelve a tornarse más amarillenta (menor temperatura de color). Por lo tanto, si realizamos varias tomas de un mismo sujeto a distintas horas del día, no sólo observaremos un cambio en la disposición de las sombras (debido a la distinta posición del sol en el cielo), sino también un cambio en el matiz tonal de los objetos. Esto puede no ser apreciable en situaciones de cielo nublado, pues en estos casos la iluminación se mantiene constante a lo largo de todo el día. Pero si el cielo está despejado, la diferencia de color puede resultar evidente hasta para el ojo menos entrenado.

Ver Figura 9.26. Cd-rom: "ejemplos de imágenes tomadas en un mismo sitio a lo largo de todo un día"

También la intensidad de los colores puede variarse. Para ello, basta con aumentar o reducir la cantidad de luz que incide sobre un determinado objeto o –lo que a efectos prácticos viene a ser igual– con variar la exposición del material sensible que reproduce dicho objeto. El aumento de la intensidad lumínica provoca imágenes más claras –es decir, sujetos más luminosos– y viceversa.

Por su parte, la saturación de los colores también puede controlarse mediante la exposición. Generalmente, se recomienda una leve subexposición (de apenas un tercio o medio paso) para lograr la máxima saturación de las imágenes en color. Esto se justifica con el siguiente argumento: al reducir levemente la exposición, reducimos en igual cantidad la luz roja, verde y azul reflejada por el objeto (es decir, la luz blanca). Según esto, el objeto sólo reflejará ya aquella longitud de onda que es preponderante sobre las otras. Es decir, un objeto mayoritariamente rojo, pero que también refleja *algo* de azul y *algo* de verde, se verá de un rojo más puro si se elimina proporcionalmente ese algo de verde y ese algo de azul junto a otro poco de rojo.

Ver Figura 9.27. Cd-rom: "explicación gráfica de cómo la reducción controlada en la exposición contribuye a saturar el color"

Este modo de operar presenta el riesgo de caer en una excesiva subexposición, lo que no mejoraría la saturación, sino más bien al contrario (recuérdese que el negro es también ejemplo de máxima desaturación).

Una herramienta muy útil para lograr la máxima saturación sin caer en la subexposición es el *filtro polarizador*. Un filtro polarizador corta el paso a aquellos rayos de luz que no vibran en un plano determinado y escogido por el propio fotógrafo a la hora de tomar la imagen. Como el efecto del polarizador es igual para todas las longitudes de onda visibles, el resultado es la eliminación por igual de la luz de todos los colores. Por lo tanto, el empleo de un filtro polarizador permite, entre otras cosas, maximizar la saturación de una imagen.

Ver Figuras 9.28.1. y 9.28.2. Cd-rom: "ejemplos de imágenes tomadas en un mismo sitio sin / con un polarizador sobre el objetivo"

9.8. Perspectiva Aérea

El gran Leonardo Da Vinci fue de los primeros en estudiar seriamente la forma en que percibimos la realidad, así como la relación de tamaño entre los distintos objetos que la componen. Demostró que, a la hora de dibujar, era posible obtener resultados más "reales" si se observaban ciertos principios. Estos principios –agrupados bajo el término *perspectiva aérea*– se resumen del siguiente modo:

1. En una imagen, los colores cálidos sugieren *proximidad* y los fríos *lejanía*.
2. También el aumento en la saturación del color provoca sensación de *proximidad*, así como la desaturación provoca sensación de *lejanía*.
3. El contraste percibido disminuye a medida que aumenta la distancia de observación. Esto se debe a la mayor dispersión atmosférica[1] de las longitudes de onda menores, que corresponden a tonalidades denominadas *frías* (azules y violetas).

Estos principios son de utilidad a la hora de componer imágenes, tanto pictóricas como fotográficas. Incluso a la hora de tratar digitalmente una imagen, creando máscaras degradadas en saturación y tonalidad con un programa como Adobe® Photoshop® u otro similar, el conocimiento de estas simples normas de la percepción visual humana nos facilita la obtención de mejores resultados.

A la hora de definir de un modo más preciso la perspectiva aérea, podemos decir que consiste en *el efecto de profundidad obtenido por la dispersión de la luz en el aire*. Aumenta con la distancia, la niebla, el humo, el polvo y cualquier otra partícula en suspensión.

La perspectiva aérea reduce el contraste y aumenta la luminosidad, disminuyendo la saturación de color de los objetos situados en último plano.

Ver Figura 9.29. Cd-rom: "ejemplo de imagen que muestre un pronunciado efecto de perspectiva aérea"

Existen ciertos recursos para acrecentarla o reducirla, la mayoría derivados de los principios ya explicados. Por otro lado, cuando fotografiamos en blanco y negro, podemos aumentar la sensación de distancia en los planos lejanos de la imagen si empleamos un filtro azul. Si por el contrario buscamos reducir la profundidad de la imagen, emplearemos un filtro amarillo (complementario del azul), o bien uno naranja o rojo. Por otro lado, como sabemos, la mínima dispersión y por lo tanto, la máxima penetración en la atmósfera se logra con el empleo de película sensibilizada a las longitudes de onda infrarrojas. El empleo de esta película asegura la reducción al mínimo del efecto de perspectiva aérea.

Ver Figura 9.30. Cd-rom: "ejemplo de imagen IR, que muestra un mínimo efecto de perspectiva aérea"

Ejercicios Prácticos Propuestos

Los siguientes ejercicios deben servir para afianzar los conceptos explicados en el presente capítulo, en lo referente a la elección del punto de vista y encuadre adecuados a cada motivo:

a. Tomar imágenes de objetos o lugares "complejos" (con múltiples elementos) y a continuación fotografiar aquel elemento que a nuestro juicio mejor resuma, condense o ejemplarice el motivo previamente fotografiado.
b. Tomar imágenes de personas en las que la estructura fundamental se base en las líneas de fuerza provocadas por sus miradas.
c. Tomar imágenes de objetos en movimiento de forma que parezca que están acelerando o frenando en su trayectoria.
d. Tomar imágenes en las que aparezcan 3, 4 y 5 elementos de igual valor estético.
e. Tomar imágenes horizontales y verticales del mismo motivo, y evaluar los resultados obtenidos en función de la adecuación al motivo escogido.
f. Tomar imágenes con arreglo a criterios de simetría y de asimetría a la hora de situar los elementos que las componen.
g. Realizar una secuencia de imágenes idénticas salvo en su nivel de exposición, que deberá ser el siguiente: subexposición en 2/3 de paso, subexposición en 1/3 de paso, exposición correcta, sobreexposición en 1/3 de paso, sobreexposición en 2/3 de paso. ¿Cuál de las 5 imágenes presenta mayor saturación de color? ¿Por qué? [NOTA: Este ejercicio deberá realizarse con película diapositiva para evitar cualquier posible manipulación de las imágenes durante el positivado]

Los siguientes ejercicios deben servir para aclarar el modo en que percibimos la luz y el color, y cómo dicha percepción es distinta a la que realiza la cámara fotográfica. Ambas percepciones están condicionadas: la nuestra, como hemos visto, por nuestros sentidos y nuestro cerebro.

h. Tomar imágenes combinando elementos de distintos colores, de modo que el contraste general resulte elevado.
i. Repetir el ejercicio de modo que el contraste resulte bajo.

Bibliografía Específica sobre el Tema IX:

[El estudio de las imágenes presentes en cualquier libro o revista ilustrada puede resultar pertinente para interiorizar los aspectos tratados en este tema. En cuanto a la teoría que puede haber detrás de la creación de cada imagen, pueden señalarse –entre otros– los siguientes]

LIBROS:

APARICI, Roberto: *Lectura de Imagen*. Madrid, U.N.E.D., 1987.

FONTCUBERTA, Joan (editor) :
Estética Fotográfica [selección de textos de diferentes autores a cargo de J. Fontcuberta]. Barcelona, Blume, 1984.

FREEMAN, Michael: *El Estilo en Fotografía*. *Las Enseñanzas de los Grandes Profesionales*. Madrid, Blume, 1986.

GOMBRICH, E.H. ; HOCHBERG, J. y BLACK, M.:
Arte, Percepción y Realidad. Barcelona, Paidós, 1993.

HEDGECOE, John: *Manual de Técnica Fotográfica*. Madrid, Blume, 1995.

ARTÍCULOS:

CAPONIGRO, John Paul:*Atmospheric Perspective*. Photo Techniques, vol. 20, Número 2, marzo / abril 1.999.

X. Iluminación

10.1. Cualidades de la Luz: Intensidad, Color, Difusión y Dirección

Como ya sabemos, para la toma de fotografías es necesaria luz. La luz tiene una serie de propiedades que ya hemos repasado. Asimismo, hemos visto otro tipo de características que definen la forma concreta en que la luz puede envolver una escena, fundamentalmente su *intensidad* y su *color*.

Observa las dos imágenes siguientes:

Ver Figuras 10.1.a y 10.1.b. Cd-rom:

Ambas han sido realizadas en el mismo sitio y en un breve intervalo de tiempo. Sin embargo, las condiciones lumínicas variaron de una a otra: la nube que ocultaba el sol en la primera toma desapareció durante la segunda, provocando resultados diferentes.

Hay otros aspectos relevantes que atañen a la forma en que una escena aparece iluminada. Por ejemplo, la dirección con la que la luz golpea sobre los objetos. Observa la siguiente imagen:

Ver Figuras 10.2. Cd-rom:

¿De dónde procede la luz? ¿Existen una o varias fuentes emisoras? ¿Se trata de una iluminación dura, con sombras de contornos acentuados, o por el contrario es suave, difusa? Como veremos, las cualidades de la iluminación empleada pueden hacer que un mismo sujeto o escena muestren apariencias totalmente diferentes.

10.1.1 Difusión: Luz Dura Vs Luz Suave

Hablamos de luz *dura* cuando la fuente o fuentes de luz provocan sombras de perfiles nítidos en los elementos de la escena. Si, por el contrario, aparece una zona de transición más atenuada entre las luces y las sombras de la imagen, decimos que la iluminación es *suave* o *difusa*, y llamamos *penumbra* a esa zona de transición. La iluminación dura provoca indefectiblemente un mayor contraste en la escena a fotografiar, mientras que la iluminación difusa reduce el contraste.

Ver Animación 10.3. Cd-rom: "Sombra y Penumbra"

Por lo general, los focos puntuales o lejanos provocan una iluminación más dura, mientras que los focos cercanos o de gran superficie favorecen la creación de una iluminación más suave. El aumento del número de fuentes de luz o su dispersión geográfica alrededor del sujeto contribuyen igualmente a tamizar la iluminación, reduciendo la oscuridad de las sombras y creando zonas de penumbra.

Ver Figuras 10.4.a y 10.4.b. Cd-rom: "Ejemplo de escena iluminada con luz dura. Puede apreciarse la pérdida total del detalle en las zonas en sombra" [4.a]; "Ejemplo de escena iluminada con luz suave. Obsérvese la ausencia total de sombras" [4.b]"

Un caso extremo de iluminación dura sería aquél que, producido por una única fuente de luz puntual y de gran potencia, provoca sombras totalmente negras al otro lado de los elementos de la imagen.

La imagen que se muestra a continuación representa una escena fotografiada a *contraluz*, es decir, con la fuente de iluminación situada frente a la cámara. Los elementos de la imagen quedan entre la cámara y la fuente de luz, ofreciéndonos su cara en sombra. El resultado es una silueta negra tras la que se esconde a nuestra vista la verdadera naturaleza de los elementos que componen el paisaje fotografiado.

Ver Figuras 10.5. Cd-rom:

Fuentes típicas de iluminación dura son aquéllas que, por su reducido tamaño o bien por su lejanía, puedan considerarse *puntuales* [es decir, del tamaño de un punto] o casi puntuales. El sol en un cielo despejado, un flash o una lámpara fotográfica serían ejemplos de fuentes puntuales. Por el contrario, la luz suave es típica de emisores de gran tamaño. Es posible obtener una iluminación difusa con cualquier fuente de luz, por puntual que ésta sea, mediante el empleo de un *difusor* o bien un *reflector* de cierto tamaño.

Un difusor, como su nombre indica, es un accesorio que, colocado sobre una fuente de luz, provoca la difusión espacial de los rayos lumínicos que ésta emite. Una hoja de papel vegetal traslúcido interpuesta entre un foco y la escena a fotografiar constituye un ejemplo de difusor práctico y barato. Un cielo cubierto de nubes es otro ejemplo de difusor, en este caso, de la luz solar. El mercado fotográfico dispone de difusores especialmente diseñados para obtener luz tamizada a partir de cualquier tipo de fuente de luz. Por ejemplo, las llamadas *ventanas*, difusores de forma generalmente cuadrada o rectangular, llamadas así por provocar, al colocarlas sobre cualquier fuente de luz, una iluminación difusa similar a la que entra por una ventana.

Ver Animación 10.6. Cd-rom: "Ejemplo de ventana y de la forma en que su empleo transforma un foco puntual en difuso"

Por su parte, un reflector es todo aquel elemento sobre el que hacemos rebotar la luz para aumentar el ángulo e intensidad con que cae sobre nuestro sujeto. Veamos un ejemplo: si necesitamos conseguir una iluminación sin sombras para realizar un retrato y sólo disponemos de un foco, podemos rebotar su luz contra una pared, el techo o bien un panel o incluso un folio blanco. El resultado será el aumento del tamaño de la superficie que en la práctica lanza luz sobre nuestro modelo. Con ello se logra una iluminación más difusa y las sombras se atenúan.

Al igual que ocurría con los difusores, existe también un sinfín de diseños de reflectores para Fotografía. Los paneles de corcho blanco sintético y los *paraguas* (blancos, dorados o plateados) son sólo algunos ejemplos de reflectores típicamente fotográficos.

10.1.2. Dirección: Luz Lateral, Frontal, Cenital, Contraluz

Ver Animación 10.7.. Cd-rom: "Combinación de dichas imágenes, junto con un esquema que muestra dónde está colocado el foco en cada caso"

No sólo importa si la iluminación de la escena es más o menos difusa. El lugar desde el que llega la luz condiciona la forma en que apreciamos las cualidades de cada objeto.

Ver Figura 10.8. Cd-rom:

La luz que proviene de un *lateral* proporciona una gran sensación de textura, esto es, ayuda a mostrar la calidad superficial de los objetos, si son rugosos o lisos. Este tipo de iluminación es adecuada a aquellas ocasiones en que se desee reproducir fotográficamente una obra de arte plana pero con cierta textura, como un cuadro *matérico*.

Ver Figura 10.9. Cd-rom:

La luz que proviene de una posición cercana a la cámara (luz *frontal*) reduce la sensación de tridimensionalidad de la escena. Lo mismo ocurre con aquella iluminación procedente de detrás del sujeto, conocida como "luz de contra" o *contraluz*. Por lo general, ni la luz frontal ni la de contra son recomendables a la hora de fotografiar escenas tridimensionales, a menos que queramos obtener resultados planos. Una iluminación frontal achatará en exceso los rasgos de la persona fotografiada, mientras que una iluminación a contraluz provocará la pérdida del detalle, generando en casos extremos simples perfiles de los elementos que forman la escena.

Ver Figuras 10.10.a. y 10.10.b. . Cd-rom: "Iluminación Frontal (10.11.a.); Iluminación por Contraluz (10.11.b.)"

Solemos aceptar como "normal" la iluminación producida por una fuente de luz situada *por encima* de la escena. Este tipo de luz, que recibe el nombre de *cenital* cuando cae desde el punto más alto respecto del horizonte, es similar a la que obtenemos del sol a mediodía, por lo que nos resulta "natural". Pese a ello, la iluminación cenital provoca sombras más o menos duras bajo los ojos y la nariz de nuestros modelos, lo que la hace inadecuada para el retrato.

Ver Figuras 10.11. . Cd-rom: "Iluminación Cenital"

10.2. Naturaleza de la luz

10.2.1 Luz Natural Vs. Luz Artificial

La luz empleada para fotografiar puede ser natural o artificial. El sol es la fuente de iluminación natural por excelencia. Como no siempre está disponible, en muchas ocasiones debemos echar mano de aquellas otras fuente de luz creadas por el hombre. Más adelante volveremos sobre este particular.

10.2.2 Luz Ambiente Vs Luz Añadida

Cualquier fuente de luz imaginable puede servir para fotografiar, desde una bombilla doméstica hasta un potente foco de los que se emplean para la iluminación nocturna de monumentos. Una farola, una vela, un anuncio de neón, una chimenea, un rayo, cualquier emisión de luz es susceptible de ser empleada para realizar una foto. Debemos, eso sí, evaluar el color de dicha luz, de modo que podamos prever la forma en que éste afectará a la reproducción tonal de la escena. Ni que decir tiene que el color de la luz no será tan importante a la hora de fotografiar en blanco y negro; pero no debemos olvidar que una iluminación monocromática puede alterar la respuesta de la emulsión, provocando imágenes cuya escala de grises no se ajuste a lo esperado.

Cuando fotografiamos con la luz disponible en la escena, sin hacer uso de fuentes de luz externas que puedan alterar el contraste o el nivel de iluminación preexistente, decimos que estamos fotografiando con luz *ambiente*. Paradójicamente, es muy complicado conseguir resultados "naturales" empleando únicamente dicha luz. Esto se debe a la distinta forma de ver que tienen nuestro equipo fotográfico y nuestros ojos. A menudo es preciso realizar ajustes o incluso añadir alguna fuente externa para dotar a la escena de una apariencia "real".

10.2.3. Luz Continua Vs Luz de Destello

La luz artificial puede ser de **2 clases fundamentales:** luz continua o luz de destello.

Luz Continua

Si bien puede usarse cualquier fuente de luz para realizar fotografías, existen ciertas fuentes de luz continua especialmente diseñadas para el mercado fotográfico. Se trata, por lo general, de lámparas basadas en bombillas sobrevoltadas y ajustadas para que emitan a una temperatura de color constante a lo largo de toda su vida útil. La temperatura de color normalizada a la que emiten todas estas bombillas fotográficas es de unos 3.200º K, por lo que deberemos realizar los ajustes de filtrado necesarios si estamos empleando película para luz día.

La potencia de estas bombillas fotográficas es muy elevada (entre doscientos cincuenta y varios miles de vatios), por lo que emiten una enorme cantidad de calor. Esto las hace poco recomendables para su empleo en fotografía de retrato. Por otro lado, al estar sobrevoltadas se acorta enormemente su vida útil, que puede verse reducida a unas 10 o 12 horas.

Ver Figura 10.12. Cd-rom: "Comparación entre las Curvas de Distribución Espectral del sol y de una bombilla fotográfica. Obsérvese que en el caso de la bombilla fotográfica, la emisión de longitudes de onda cortas es mínima, creciendo ésta de modo proporcional al aumento de la longitud de las ondas"

Existe otro tipo de fuentes de luz continua específico del campo de la imagen, tanto fotográfica como cinematográfica. Se trata de las llamadas lámparas *HMI*. Estos complejos (y costosos) sistemas de iluminación proporcionan una luz de una temperatura de color similar a la del patrón luz día (5.500ºK), por lo que pueden usarse con película convencional en color.

Si bien dijimos más arriba que cualquier fuente de luz puede emplearse para fotografiar, hay algunas que no son recomendables en absoluto. Entre ellas cabe señalar a los fluorescentes de uso doméstico.

Ver Figura 10.13. Cd-rom: "Curva de Distribución Espectral de un fluorescente de uso doméstico. Obsérvese que para ciertas longitudes de onda, no hay emisión de energía"

Los fluorescentes carecen de un espectro continuo de emisión, lo que provoca la aparición de cruces indeseables en la reproducción de los colores de la imagen, con una cierta tendencia a generar matices verdosos. Por ello, cuando no hay más remedio que emplear este tipo de fuentes, se acostumbra a montar sobre el objetivo un filtro de cierto tono magenta, que reduzca esta desviación lumínica hacia el verde.

Ver Figuras 10.14.a. y 10.14.b. Cd-rom: "Un ejemplo de fotografía realizada con iluminación de fluorescentes caseros. Nótese la clara dominante verdosa de la escena. A la derecha, puede observarse el resultado obtenido tras colocar sobre el objetivo un filtro de corrección FL-B, de color levemente Magenta."

Por último, conviene indicar que en el mercado pueden encontrarse fluorescentes especialmente diseñados para tomar fotografías. Estos fluorescentes presentan curvas de distribución solapadas, de modo que pueda cubrirse totalmente el espectro lumínico visible. Ofrecen una luz asimilable a la que aceptamos como *luz día* (es decir, la de 5.500º K), por lo que su empleo no requiere de ningún filtraje.

Luz de Destello

La fuente de luz para fotografía por antonomasia es el *flash* electrónico. Se trata de un aparato que provoca una descarga lumínica potente e instantánea. Para poder usarlo con éxito deberemos hacer coincidir dicha descarga con el momento en que el obturador de nuestra cámara está completamente abierto. A esto se le llama *sincronizar* el flash, y se realiza por medio de un cable, zapata o emisor de infrarrojos que une la fuente de luz con la cámara.

Si la sincronización no es la adecuada, la película no quedará expuesta a la luz del flash, o bien sólo lo hará parcialmente. En sus instrucciones, toda cámara debe indicar cuál es el tiempo de exposición mínimo para el que las cortinillas del obturador permanecen totalmente abiertas y, en consecuencia, cuál es el tiempo de exposición más breve que puede ajustarse en ella al fotografiar con flash. Es importante señalar que no hay límite "por exceso" en cuanto al tiempo de sincronización. Es decir, que si el tiempo de exposición mínimo a ajustar para sincronizar el flash con nuestra cámara es, por ejemplo, 1/60sg, dicha sincronización puede realizarse a 1/30sg, 1/15sg, y cualquier otro tiempo de exposición *más largo* de 1/60sg.

Además de sincronizarlo adecuadamente a la cámara, es preciso ajustar la potencia del destello del flash para que la imagen no resulte mal expuesta. Las unidades de flash más simples no permiten dicho ajuste, limitándose a indicarnos cuál es la distancia respecto a nuestro sujeto a la que debemos emplearlos. Si no respetamos dicha distancia (variable según el diafragma ajustado en el objetivo), nuestras fotos saldrán sobre o subexpuestas según nos acerquemos o alejemos demasiado, respectivamente, a nuestro modelo.

Los flashes para uso profesional suelen permitir el ajuste manual de la potencia del destello. Muchos flashes emplean un sistema automático para calcular la exposición necesaria a cada escena. Este tipo de equipos reciben información del diafragma ajustado en la cámara, bien automáticamente, bien porque el usuario se lo comunique de algún modo. Conocido ese dato, prolongan el destello hasta que la exposición es la adecuada, cortándolo en dicho momento. Estas unidades de flash incorporan en su parte frontal una célula fotosensible, que es la encargada de detener el destello cuando recibe un nivel predeterminado de luz procedente del sujeto. Bastará, pues, con introducir en el flash el valor de diafragma ajustado en cámara para obtener una exposición adecuada para dicha abertura.

Ver Figura 10.15. Cd-rom: "Anillo de Diafragmas Automáticos de un flash Metz 45 CL3"

Otro sistema, aún más complejo, de medición automática de la exposición por un flash es el llamado ***TTL*** [del inglés *Through The Lens*, "a través del objetivo"]. El sistema TTL evalúa la exposición recibida en el plano focal, cortando el destello cuando ésta es suficiente. Al medir en el lugar donde se aloja la película, sus posibilidades de éxito son aún mayores de las (ya de por sí elevadas) de los sistemas de "diafragma automático".

Ver Figura 10.16. Cd-rom:

Tanto en uno como en otro sistema, y al igual que explicamos más atrás es posible "rebotar" la luz del flash sobre una superficie cualquiera, de modo que la iluminación no sea tan dura y puntual. Dicha superficie deberá ser lo más reflectante y neutra posible: de lo contrario, la iluminación se reducirá "por el camino", además de teñirse del color dominante en la superficie de reflexión... En aquellos casos en que se rebote un flash ajustado a "diafragma automático", la célula evaluadora del nivel de exposición deberá permanecer frontal y paralela a la cámara y no al cabezal luminoso del flash. De lo contrario, la exposición no será la adecuada

Ver Figura 10.17. Cd-rom:

La potencia de iluminación de los flashes se expresa en valores GN o de *Número Guía*. El Número Guía es el producto de multiplicar el valor de abertura seleccionado en cámara por la distancia máxima a la que es posible iluminar adecuadamente un objeto empleando dicha abertura. La fórmula es la siguiente:

Número Guía [GN] = Número-f x Distancia (en metros)

Veamos un ejemplo:

Si dispongo de una unidad de flash de Número Guía = 32 [GN = 32] y selecciono una abertura en mi objetivo de f-8, la distancia máxima a la que podré fotografiar será de

$$32 = 8x$$

$$x = 4$$

Luego la distancia máxima a la que mi flash me proporcionará suficiente iluminación para fotografiar con una abertura en cámara de f-8 será de **4 metros**. Lógicamente, si el sujeto a fotografiar se encuentra más cerca, mi unidad de flash deberá cortar el destello cuando la iluminación sea suficiente. Si mi unidad es tan "sencilla" que no dispone de ningún automatismo, deberemos optar por ajustar el diafragma adecuado a la distancia que nos separa de nuestro sujeto, y aceptar que todo lo que quede por delante de éste resultará sobreexpuesto, y lo que quede por detrás, subexpuesto.

El dato del Número Guía de un flash debe aparecer en la hoja de especificaciones técnicas del aparato, pues es fundamental para saber a qué distancia máxima podemos emplearlo para iluminar satisfactoriamente cualquier motivo. En los últimos tiempos, los fabricantes de unidades de flash acostumbran a proporcionar el valor de Número Guía relativo a distancias en *pies* y no en metros, lo que automáticamente multiplica por 3 el valor ofrecido, levantando falsas expectativas en los usuarios menos avisados.

10.3. La Iluminación en la Práctica

En la mayoría de los casos el fotógrafo no dispone de la opción de diseñar la iluminación para sus fotografías. Lo normal es aceptar la ocasión tal y como se presenta. Sólo el profesional que trabaja en el estudio puede ajustar a su antojo la calidad y potencia de la luz empleada. A continuación, repasaremos brevemente algunos esquemas de iluminación empleados por los fotógrafos profesionales. El conocimiento de estos "trucos", a veces realmente simples, nos ayudará a comprender cuáles son los retos que debemos afrontar a la hora de iluminar cada tipo de escena. Asimismo, veremos cómo a menudo es posible sustituir un accesorio de uso profesional (es decir, de alto coste) por algún otro de fabricación casera y aplicaciones similares, cuando no idénticas.

10.3.1. Atenuación o Eliminación de las Sombras

En muchas ocasiones tomamos fotos en lugares que nos parecen disponer de un contraste de iluminación adecuado, al menos a simple vista. Pero al visionar los resultados advertimos que las sombras han quedado demasiado oscuras, sin detalle. Como sabemos, el contraste reproducible por la película fotográfica es mucho menor que el que nuestros ojos son capaces de captar. También sabemos cómo determinar el contraste [en valores de exposición (EV)] que presenta una escena, para prever cómo quedará si decidimos fotografiarla tal cual está. Ahora vamos a ver cómo podemos alterar ese contraste previamente medido.

Observa estas 2 imágenes:

Ver Figuras 10.18. Cd-rom:

Ambas están iluminadas del mismo modo, mediante la luz solar que se cuela por una ventana. Puede observarse una única zona en sombra en la parte inferior de ambas imágenes. Sin embargo, la segunda imagen presenta una sombra menos densa que la primera. Esto se debe a que para realizar esta segunda foto se colocó un folio blanco justo fuera de los límites del encuadre [véase esquema]. El resultado es la reflexión de parte de la luz que pasaba "de largo" junto al objeto. Esta luz se refleja en el folio blanco y cae parcialmente sobre la porción sombreada de la escena, reduciendo el contraste general.

Ver Animación 10.19. Cd-rom:

Si en lugar de emplear una superficie difusa como nuestro folio, optamos por una pulida (como un espejo), la reflexión será más direccional (*especular)*, y las sombras se rellenarán de forma desigual. Si optamos por una superficie coloreada, la luz por ella reflejada tomará dicho color. Este recurso es muy común a la hora de crear ambientaciones específicas (cálidas o frías) para imágenes concretas.

Por otro lado, si necesitamos eliminar totalmente las sombras de una escena, trataremos de lograr una iluminación lo más difusa posible. Para ello, podemos emplear varios recursos. Uno de ellos es la llamada *tienda de luz*. Una tienda de luz no es más que una estructura de tamaño variable realizada con algún material difusor neutro, tal como tela mosquitera, gasa o algún plástico opalino. En su interior se colocará el objeto u objetos a fotografiar. Tanto la cámara como las fuentes de luz se colocarán en el exterior de la tienda. En principio, una única y potente fuente de luz puede ser suficiente, pero como ya sabemos, cuantas más empleemos (y de modo más repartido a todo lo largo del perímetro de la tienda) mejores resultados obtendremos.

Ver Figura 10.20. Cd-rom: "Ejemplo de tienda de luz"

En principio, no es necesario que la tienda sea de gran tamaño. Lógicamente, cuanto más grande sea el sujeto a fotografiar, mayor deberá ser la tienda y asimismo mayor la distancia entre los focos y ésta, de modo que nos aseguremos la total difusión de la luz en su interior. Las imágenes se tomarán a través de un pequeño orificio realizado en ella, tan minúsculo que sólo el objetivo de la cámara pueda atravesarlo. Con este tipo de estructura nos aseguramos una iluminación totalmente difusa y con ello, la imposibilidad de crear reflejos y sombras.

A nivel casero, podemos sustituir la tienda de luz por hojas de papel vegetal traslúcido montadas sobre una estructura más o menos simple o bien sujetas unas con otras mediante papel adhesivo y colocadas alrededor de nuestro sujeto. Entre este recurso "de andar por casa" y la profesional tienda de luz existe todo un abanico de posibilidades intermedias.

Ver Figura 10.21. Cd-rom: "Ilustración a realizar a partir del "boceto" entregado"

10.3.2. Eliminación de Reflejos: Polarización de la Luz

A menudo una foto se ve perjudicada por la aparición de algún reflejo indeseado. Esto es típico de imágenes que incluyen objetos de superficies pulidas, como un escaparate en una fotografía de paisaje o unas simples gafas en un retrato. Si no tenemos cuidado, la propia cámara aparecerá reflejada en la fotografía. El problema se hace especialmente grave cuando debemos reproducir fielmente la apariencia de un objeto, como al fotografiar obras de arte o un bodegón publicitario

Como vimos, una iluminación difusa puede ser suficiente en ocasiones para, mediante la reducción del contraste de la escena, eliminar los reflejos especulares que provocan brillos irreproducibles en la imagen. Sin embargo, cuando se trata de eliminar completamente los reflejos es preciso recurrir a la *luz polarizada*.

Ver Figura 10.22. Cd-rom:

Como sabemos, la luz se transmite en línea recta y en forma de onda. Esto último implica que la trayectoria de la luz se extiende en forma de vibración en múltiples planos, todos ellos perpendiculares a la dirección rectilínea de las rayos luminosos. Tras chocar con ciertas superficies, la luz puede dejar de vibrar en todos los planos menos en uno. Entonces decimos que la luz está *polarizada*. La luz polarizada es, pues, aquélla que vibra en un solo plano.

Es posible polarizar la luz a nuestro antojo, de modo que sólo vibre en el plano que a nosotros nos interese. Para ello, se emplean los llamados *filtros polarizadores*, que actúan como microscópicas rejillas que impiden la vibración de las ondas luminosas en más de un plano.

Ver Figura 10.23. Cd-rom:

Colocado sobre el objetivo, el filtro polarizador se hace girar sobre su montura hasta que el ángulo de polarización sea el deseado. Pero, ¿por qué razón podría interesarnos polarizar la luz? Pues, entre otras cosas, para eliminar los reflejos no deseados.

Ver Figuras 10.24.a. y 10.24.b. . Cd-rom: ",*"Estas 2 fotografías fueron realizadas a través de un filtro polarizador situado sobre el objetivo. Desde su posición inicial [imagen izquierda], se hizo girar el filtro sobre su montura hasta reducir al mínimo el reflejo [imagen derecha]"*

Sobre estas líneas podemos observar la forma en que actúa un filtro polarizador. Como vimos, este tipo de filtros sólo permite el paso de aquellas radiaciones que vibran en un único plano. Si la iluminación es totalmente difusa, la cantidad de luz filtrada es relativamente escasa. Pero cuando se trata de una luz fuertemente polarizada (como la de un reflejo producido sobre un vidrio), ésta puede ser parcial o incluso totalmente filtrada, impidiendo que impresione la película. De este modo, si posicionamos adecuadamente nuestro filtro podemos eliminar ciertos reflejos.

Al polarizar la luz, estamos reduciendo la cantidad de ella que llega a la película, por lo que será necesario realizar alguna corrección en la exposición. Si empleamos la medición *TTL* de una cámara réflex al uso no será necesario realizar ningún ajuste, pues dicha medición se realiza a través del objetivo, de modo que cualquier pérdida de luz por filtrado es automáticamente detectada por el exposímetro incorporado a la cámara. Si, por el contrario, empleamos un exposímetro de mano, deberemos aumentar la exposición entre medio y dos pasos, pues la cantidad de luz filtrada puede oscilar entre ambos valores.

Pese a todo lo expuesto, un filtro polarizador no nos garantiza la total eliminación de los reflejos producidos por rayos de luz polarizada, especialmente si éstos provienen de una superficie de reflexión metálica. Cuando precisemos eliminar totalmente cualquier atisbo de reflejo, será preciso colocar filtros polarizadores tanto sobre la cámara como sobre cada una de las fuentes de luz empleadas. El proceso, común a la hora de reproducir objetos tales como un cuadro, una joya o un documento, es el siguiente:

1. Colocar una lámina polarizadora sobre cada foco y un filtro polarizador sobre el objetivo.
2. Encender un solo foco. Colocar una moneda u otro elemento metálico plano sobre el lugar que ocupará el objeto a fotografiar. Girar el polarizador de la lente hasta reducir al mínimo cualquier reflejo de la moneda (para ello, observaremos a través del visor de la cámara).
3. Apagar el foco y encender el otro. Girar el polarizador de este segundo foco hasta que, sin tocar el polarizador de la lente, observemos a través de ella que no hay reflejos en la moneda.
4. Repetir este paso para cualquier foco adicional (que deberá asimismo quedar polarizado).
5. Una vez ajustados todos los focos, retirar la moneda y situar el objeto a fotografiar de modo que ocupe exactamente el mismo plano que anteriormente ocupaba la moneda.

A esta técnica se la denomina *doble polarización* y tiene como efecto colateral necesario la saturación al máximo de los tonos presentes en el sujeto fotografiado.

Bibliografía Específica sobre el Tema X:

LIBROS:

EASTMAN KODAK COMPANY:
Copying and Duplicating. Publicación M-1. Rochester, Silver Pixel, 1996
Enciclopedia Práctica de Fotografía. Barcelona, Salvat, 1979. 10 tomos.
Photographic Filters Handbook. Publicación Kodak B-3, Rochester, 1992 [revisión de la edición de 1990].
FREEMAN, Michael: *El Estilo en Fotografía. Las Enseñanzas de los Grandes Profesionales*. Madrid, Blume, 1986.
LOVELL, Ronald P. *et al*: *Manual Completo de Fotografía*. Madrid, Celeste, 1998.
MARCHESI, Jost J.: *Técnicas de Iluminación Profesional*. Allschwil, Bron, 1988
VARIOS AUTORES: *La Ciencia de la Luz*. Madrid, Prensa Científica, 1998.

ARTÍCULOS:

DUBLER, Douglas: *Perfect Flesh Tones. Photo Techniques*, vol. 18, Número 4, julio/agosto 1997.
JEGERINGS, John: *Equipment Options for Flash & Ligthing. Photo Techniques*, vol. 19, Número 5, 1998.
KERR, Norman: *Controlling Lighting. Photo Techniques*, vol. 19, Número 6, noviembre/diciembre 1998.
PUY, José: *La Reproducción de Pinturas*. *Pátina*, número 8, junio 1997.
WOODS, Mark: *Calibrated Color Gels for Lights. International Photographer*, junio 1996.