Illusions, Art, and Seeing *with* Color

Tiina Carita Rosenqvist

PROOFS

Ilusiones, arte y ver *mediante* el color

PROOFS

Color Assumptions

People commonly assume color to be a stable feature of things in the world; barring changes to the physical properties of objects, we expect their colors to stay the same. You might think, for example, that your favorite mono-pigmented coffee mug has one true color—say, a specific shade of cerulean blue—not two or five. The color of the mug might change if the pigment fades or the mug gets stained, but without such material alterations, you take its color to be fixed. And if somebody insists that the mug is aqua green, you will likely think they are mistaken.

If color is often assumed to be a stable property of objects, color *vision* is taken to give us access to that stable property, at least under normal or optimal conditions. You know that your coffee mug is a specific type of cerulean blue because it looks that way to you in good light, from an appropriate vantage point, when your visual system is working properly. This suggests that your color vision acts like a detector or a recording device; just as thermometers mechanistically record temperatures and output matching temperature readings (such as "25°C"), color visual systems mechanistically record colors and output matching color experiences (such as experiences of a type of cerulean blue). You might also think that your color visual system is generally good at this task and reliably enables you to *see the colors* of things.

But does color vision really give us access to stable colors out there in the world, and is that its job? Consider-

Supuestos sobre el color

Solemos dar por sentado que el color es una característica estable de las cosas del mundo; salvo que cambien las propiedades físicas de los objetos, esperamos que sus colores permanezcan constantes. Podrías pensar, por ejemplo, que tu taza de café monocromática favorita tiene un solo color verdadero —digamos, un tono específico de azul cerúleo— y no dos o cinco. El color de la taza podría cambiar si el pigmento se decolora o si la taza se mancha, pero, a menos que se produzcan tales alteraciones materiales, das por hecho que su color es fijo. Y si alguien insiste en que la taza es de color verde aguamarina, probablemente pensarás que se equivoca.

Si a menudo se asume que el color es una propiedad estable de los objetos, también suele considerarse que la *visión* del color nos da acceso a esa propiedad estable, al menos en condiciones normales u óptimas. Sabes que tu taza de café es de un tipo específico de azul cerúleo porque así te lo parece con buena luz, desde un punto de vista adecuado y cuando tu sistema visual funciona correctamente. Esto sugiere que tu visión del color actúa como un detector o un dispositivo de registro; al igual que un termómetro registra de forma mecanicista la temperatura y emite la correspondiente lectura (p. ej., «25 °C»), los sistemas de visión del color registran del mismo modo mecanicista los colores y emiten las correspondientes experiencias de color (p. ej., experiencias de un tipo de azul cerúleo). Tam-

ations of color illusions, art, and visual ecology give us good reasons to think otherwise.

Color Illusions?

If you attend to your color experiences, you will quickly start to notice the instability of color across contexts. We often call textbook demonstrations of this instability *color illusions*. Take Josef Albers's (1963) many demonstrations of simultaneous color contrast, a perceptual phenomenon where physically identical bits of pigmented surface look different—sometimes dramatically so—against two differently colored backgrounds. For example, in Figure 1, square A might appear with a warmer hue against the bluish background on the left and cooler against the yellowish one on the right.

Simultaneous color contrast is just one example of how the context in which a figure is seen can shape its perceived color. Experimental psychologists sometimes use special viewing tubes to block out backgrounds but in natural viewing conditions figures are seen in the context of other shapes and colors. The influence of such "spatiochromatic contexts" can be complex, but broadly speaking we get increased color contrast when figures with clearly defined boundaries are viewed against somewhat uniform backgrounds (AS IN FIG. 1) and blending of colors with more complex spatial arrangements, such as interspersed lines (AS IN FIG. 2). Calling these effects "illusions" implies that the context prevents us from seeing the figure's color as it *really* is. Albers himself writes that the various color interactions, including afterimages, reveal that "no normal eye, not even the most trained one, is foolproof against color deception."[1]

It is tempting to think of Albers's demonstrations and other textbook color illusions as special cases, carefully designed to throw our visual systems off. But the more attention we pay to our everyday color experiences, the more ubiquitous such effects start to seem. We might then conclude, as Albers does, that "a color is almost never seen as it really is."[2] But there is another interpretation: instead of revealing failure or deception, these cases might simply highlight how our color vision normally and properly works.

Seeing *with* Color

Some philosophers have argued that textbook color illusions show that color visual systems are perceptual enhancement systems, not color detectors. The idea is that color vision allows us to see better in general; not to see color but to *see with color*.[3]

Motivating this view is the observation that interactions of color are often *useful* to the perceiver. For example, simultaneous contrast makes figures stand out against their backgrounds, and therefore easier to see. This might

1. Josef Albers, *Interaction of Color: New Complete Edition* (Yale University Press, 2009), 23.

2. Albers, 2.

3. M. Chirimuuta, *Outside Color: Perceptual Science and the Puzzle of Color in Philosophy* (MIT Press, 2015); Tiina Carita Rosenqvist, "Seeing *with* Color: Psychophysics and the Function of Color Vision," *Synthese* 202, no. 1 (2023): art. 20, https://doi.org/10.1007/s11229-023-04226-y.

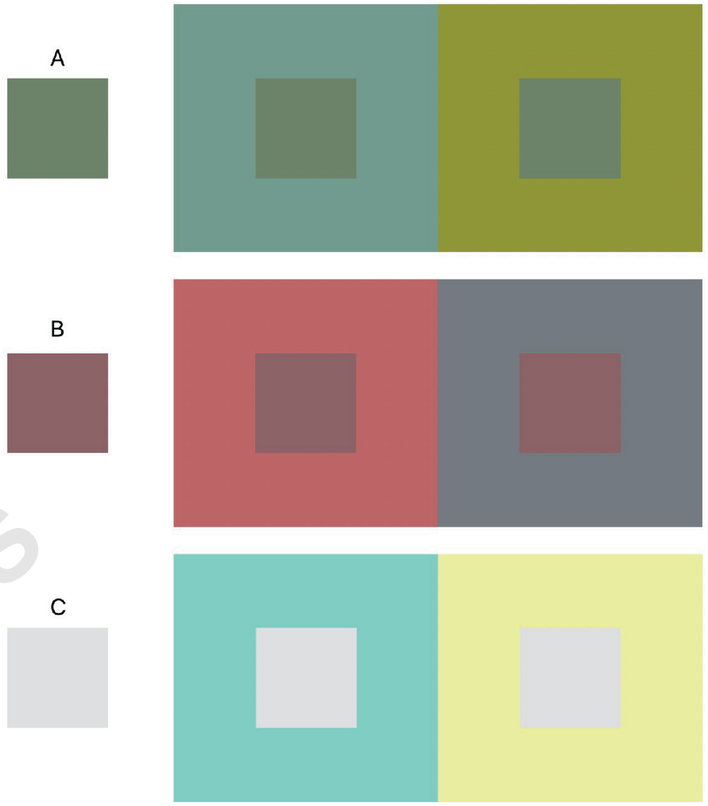


Figure 1. Demonstration of simultaneous color contrast inspired by Albers's famous squares: changes in the background against which an inner square (a target) is viewed induce changes in the perceived color of the target. For example, A appears more blueish against the yellowish background on the right and B appears more reddish against the gray background on the right. Even targets that appear achromatic gray in isolation can appear colored against certain backgrounds; for some perceivers, C might look pinkish against the cyan background or blueish against the yellow one.

Fig. 1. Demostración del contraste de color simultáneo inspirada en los famosos cuadrados de Josef Albers. Los cambios en el fondo sobre el que se observa un cuadrado interior (un objetivo) provocan cambios en el color percibido del objetivo. Por ejemplo, A parece más azulado sobre el fondo amarillento de la derecha y B parece más rojizo sobre el fondo gris de la derecha. Incluso objetivos que parecen grises acromáticos de forma aislada pueden parecer coloreados contra ciertos fondos; para algunos observadores, C parece rosáceo contra el fondo cian o azulado contra el amarillo.

PROOFS

bién es posible que pienses que tu sistema de visión del color suele ser bueno en esta tarea y te permite *ver los colores* de las cosas de manera fiable.

Pero ¿realmente la visión del color nos permite acceder a colores estables en el mundo exterior, y es esa su función? Las consideraciones derivadas de las ilusiones cromáticas, el arte y la ecología visual nos ofrecen razones sólidas para pensar otra cosa.

¿Ilusiones cromáticas?

Si prestas atención a tus experiencias con el color, pronto empezarás a darte cuenta de su inestabilidad en distintos contextos. Solemos llamar «ilusiones cromáticas» a las demostraciones clásicas de esta inestabilidad. Tomemos, por ejemplo, las numerosas ilustraciones de Josef Albers (1963) del contraste de color simultáneo, un fenómeno perceptivo en el que fragmentos físicamente idénticos de superficie pigmentada parecen diferentes —a veces de forma drástica— sobre dos fondos de distinto color. Así, en la figura 1, el cuadrado A puede verse de un tono más cálido sobre el fondo azulado de la izquierda y más frío sobre el amarillento de la derecha.

El contraste de color simultáneo es solo una muestra de cómo el contexto en el que se observa una figura puede determinar su color percibido. Los psicólogos experimentales utilizan a veces tubos de visión especiales para eliminar los fondos, pero en condiciones de visión naturales vemos las figuras en el contexto de otras formas y colores. La influencia de tales «contextos espaciocromáticos» puede ser compleja, pero en términos generales obtenemos un mayor contraste de color cuando las figuras con límites claramente definidos se observan sobre fondos más bien uniformes (COMO EN FIG. 1) y, por el contrario, percibimos una mezcla de colores cuando existen disposiciones espaciales más complejas, por ejemplo, con líneas entremezcladas (FIG. 2). Denominar a estos efectos «ilusiones» da a entender que el contexto nos impide ver el color de la figura tal y como es *en realidad*. El propio Albers comenta que las diversas interacciones cromáticas, incluidas las imágenes residuales, revelan que «ningún ojo normal, ni el más entrenado, está a salvo de la decepción cromática»[1].

Resulta tentador pensar que las ilustraciones de Albers y otras ilusiones cromáticas clásicas son casos especiales, cuidadosamente diseñados para engañar a nuestro sistema visual. Pero cuanta más atención préstamos a nuestras experiencias cotidianas con el color, más omnipresentes empiezan a parecer esos efectos. Podríamos concluir entonces, como hace Albers, que «casi nunca se ve un color como es en realidad»[2]. Pero hay otra interpretación: en lugar de revelar fallos o engaños, estos casos podrían simplemente poner de relieve cómo funciona, de manera habitual y adecuada, nuestra visión del color.

1. Josef Albers, *Interacción del color* [1963], trad. de María Luisa Balseiro, Madrid, Alianza Editorial, 2010, p. 37.

2. *Ibidem*, p. 15.

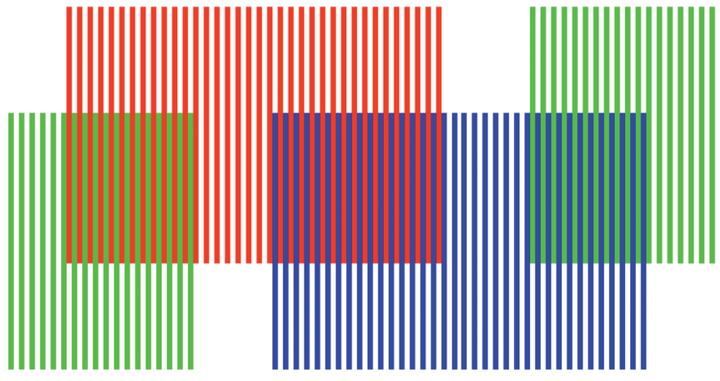


Figure 2. Demonstration of color assimilation (the perceptual blending of colors). In people with normal color vision, the appearance of yellow, magenta, and cyan can be created by interspersing bars of green and red, red and blue, and blue and green, respectively. This particular type of color assimilation is known as the "Bezold effect," after physicist and meteorologist Wilhelm von Bezold.

Fig. 2. Demostración de la asimilación del color, es decir, la mezcla perceptiva de los colores. En personas con una visión normal del color, se puede crear la apariencia de amarillo, magenta y cian intercalando barras de verde y rojo, rojo y azul, y azul y verde, respectivamente. Este tipo concreto de asimilación del color se conoce como «efecto Bezold», en honor al físico y meteorólogo Wilhelm von Bezold.

not seem like a particularly important contribution when viewing Albers's images in a museum, in good light, with few distractors. But more natural environments tend to have many visible surfaces at different depths, some of them partially occluded by others, as well as shadows and other kinds of "light noise." All this complexity makes it difficult to interpret such scenes and to visually separate and locate their object components. Yet somehow we are able to accomplish this.

Simultaneous color contrast might be one way in which we make sense of complex and noisy visual environments. As mentioned earlier, we can elicit simultaneous contrast effects with clearly defined figures embedded in uniform backgrounds, and blending of colors with more complex spatial arrangements. Since objects have clearly defined boundaries, our color visual systems seem predisposed to highlighting the chromatic difference between objects and their backgrounds, and to reducing chromatic variation across object surfaces. This suggests that color vision helps us see objects as unified and separate from their backgrounds; for example, it makes a ripe apple perceptually pop out against background foliage and appear as its own *thing*.

But color vision doesn't just help us see objects *as objects*; it also helps us *identify* some of them, by ensuring that they appear with diagnostic colors (bananas look yellow, blueberries blue, and so on). This contribution requires a degree of stability in color experience: if bananas suddenly looked blue, they wouldn't be as easy to identify. Seeing objects as objects, by contrast, often requires that chromatic difference is perceptually amplified or attenuated—a process that makes color appear unstable, as illustrated by many of Albers's images. Luckily, the color visual system can usually serve both functions at the same time, by producing color experiences that vary at the level of fine-grained hues (specific shades) while staying within ranges that support reliable identification. Your coffee mug might look slightly more greenish against reddish backgrounds, but it still looks like the same mug.

The upshot of this way of thinking about color vision is that labeling Albers's demonstrations as color "illusions" now seems somewhat misleading. If our color visual system does not aim to provide access to stable colors, then faulting it for failing to do so seems misplaced. If color vision is for seeing better in general, then we should evaluate it in terms of this sort of broader usefulness.

The Role of Art in Understanding Color Vision

For many of us, the ubiquitous interactions of color and the contributions of color vision to our perceptual accomplishments go largely unnoticed. Visual artists, by contrast, tend to be far more attuned to such things. Learning to render perceptually convincing color on canvas is generally more challenging than learning to render perceptually convincing shapes, sizes, and distances.[4] Mastering this skill likely requires both careful attention to one's own visual experience and a sophisticated understanding of how context shapes perceived color.

Lighting conditions are part of the context of color perception; your coffee mug might look a different shade of blue in natural sunlight than under the artificial lighting of your living room. This is because we see objects via light *reflected* from their surfaces, and the properties of the reflected light depend both on the surface properties and on the illumination. Although our visual systems can partially discount lighting conditions, lighting still plays an important role in perceived color, and artworks often highlight this role. For example, Karina Peisajovich's *RGB/CMY* features colored lights projected onto colored bands painted on a flat surface (SEE FIG. 6). While the painted bands stay the same, their perceived colors and forms change as the lights change.

Artists have long explored the interaction of light with surfaces, offering important insights to scientists and philosophers studying color perception. They have also provided clues as to how the visual system might exploit chromatic cues to estimate the depth, shape, and surface texture of objects in natural scenes. Even Peisajovich's *RGB/CMY* might give rise to an illusion of depth, with the bands seemingly receding or springing forward, and Anoka Faruqee and David Driscoll's two-dimensional interference paintings produce powerful impressions of volumes that seem to invite physical interaction. The careful layering of chromatic patterns in Faruqee and Driscoll's paintings plausibly triggers the perception of shadows or shading, which the visual system then treats as information about the relative depth and orientation of the perceived surfaces.[5] We might also get an illusory impression of reflective texture.

In Carlos Cruz-Diez's *Chromosaturation*, on the other hand, the viewer is immersed in omnipresent color. The installation illustrates the usefulness of color vision by preventing the visual system from doing what it normally does. *Chromosaturation* employs lights that favor a limited band of wavelengths, and the surfaces in the rooms can only reflect wavelengths present in the illumination. As a result, hues converge toward the same color category and viewers can experience color deprived of its usual role as a difference-maker and recognition aid.

Natural daylight and most everyday illuminants contain a continuous range of visible wavelengths. Because we are used to these conditions, lights that only contain a narrow band of wavelengths can feel strangely unsettling and cause objects to appear almost alien. For example, strawberries viewed under a near-single-wavelength yellow light look unappetizing, even metallic or plasticky (FIG. 3). Filmmakers sometimes exploit these effects to create menacing or dystopian scenes that feel far removed from our everyday world.

4. Bevil R. Conway, "Color Consilience: Color Through the Lens of Art Practice, History, Philosophy, and Neuroscience," *Annals of the New York Academy of Sciences* 1251, no. 1 (2012): 77–94, https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06470.x.

5. See Frederick A. A. Kingdom, Catherine Beauce, and Lyndsay Hunter, "Colour Vision Brings Clarity to Shadows," *Perception* 33, no. 8 (2004): 907–14, https://doi.org/10.1068/p5264.

PROOFS

Ver con el color

Algunos filósofos han sostenido que las ilusiones cromáticas clásicas muestran que los sistemas de visión del color son sistemas de mejora perceptiva, no detectores del color. La idea es que la visión del color nos permite ver mejor en general; no ver el color, sino *ver con el color*[3].

Lo que motiva este enfoque es la observación de que las interacciones del color suelen ser útiles para el observador. Por ejemplo, el contraste simultáneo hace que las figuras destaquen sobre sus fondos y, por lo tanto, resulten más fáciles de ver. Esto podría parecer una contribución no especialmente relevante si vemos las imágenes de Albers en un museo, bien iluminadas y con pocos elementos distractivos. Sin embargo, en entornos más naturales suele haber muchas superficies visibles a distintas profundidades, algunas de ellas parcialmente ocultas por otras, así como sombras y otros tipos de «ruido luminoso». Esta complejidad dificulta la interpretación de dichos escenarios, y la separación y la localización visual de sus componentes. Aun así, de alguna manera somos capaces de hacerlo.

El contraste de color simultáneo podría ser una de las formas en que damos sentido a entornos visuales complejos y ruidosos. Como hemos visto, podemos provocar efectos de contraste simultáneo mediante figuras claramente definidas insertas en fondos uniformes, así como a través de la mezcla de colores en configuraciones espaciales más complejas. Dado que los objetos tienen límites claramente definidos, nuestro sistema visual del color parece predispuesto a resaltar la diferencia cromática entre los objetos y sus fondos, y a reducir la variación cromática en la superficie de los objetos. Esto sugiere que la visión del color nos ayuda a ver los objetos como un todo unificado y diferenciado de sus fondos; por ejemplo, hace que una manzana madura destaque perceptivamente sobre el follaje del fondo y aparezca como algo independiente.

Sin embargo, la visión del color no solo nos ayuda a ver los objetos *como tales*; también nos ayuda a *identificar* algunos de ellos, al garantizar que se presentan con colores distintivos (los plátanos parecen amarillos, los arándanos azules y así sucesivamente). Esta función requiere un cierto grado de estabilidad en la percepción del color: si los plátanos de repente parecieran azules, no serían tan fáciles de identificar. Ver los objetos como objetos, por el contrario, a menudo requiere que la diferencia cromática se amplifique o atenúe perceptivamente, un proceso que hace que el color parezca inestable, como ilustran muchas de las imágenes de Albers. Afortunadamente, el sistema de visión del color suele poder desempeñar ambas funciones al mismo tiempo, produciendo experiencias del color que varían a nivel de matices muy precisos (tonos específicos) sin salirse de los rangos que permiten una identificación fiable. Tu taza de café puede parecer ligeramente más verdosa sobre fondos rojizos, pero sigue pareciendo la misma taza.

3. Mazviita Chirimuuta, *Outside Color: Perceptual Science and the Puzzle of Color in Philosophy*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 2015; Tiina Carita Rosenqvist, «Seeing *with* Color: Psychophysics and the Function of Color Vision», *Synthese*, vol. 202, núm. 1, julio de 2023; https://doi.org/10.1007/s11229-023-04226-y.

La conclusión de esta forma de pensar sobre la visión del color es que calificar las demostraciones de Albers como «ilusiones» cromáticas parece ahora algo engañoso. Si nuestro sistema visual del color no tiene como objetivo proporcionar acceso a colores estables, entonces culparlo por no hacerlo está fuera de lugar. Si la visión del color sirve para ver mejor en general, entonces deberíamos evaluarla en relación con este tipo de utilidad más amplia.

El papel del arte en la comprensión de la visión del color

Para muchos de nosotros, las omnipresentes interacciones del color y la contribución de la visión del color a nuestros logros perceptivos pasan en gran medida desapercibidas. Los artistas visuales, por el contrario, acostumbran a ser mucho más sensibles a estas cuestiones. Aprender a representar en el lienzo colores que resulten perceptivamente convincentes suele ser más difícil que aprender a representar formas, tamaños y distancias igualmente convincentes[4]. Es probable que dominar esta habilidad requiera tanto una atención minuciosa a la propia experiencia visual como una comprensión sofisticada de cómo el contexto modela el color percibido.

Las condiciones de iluminación forman parte del contexto de la percepción del color: tu taza de café puede parecer de un tono de azul diferente bajo la luz natural del sol y bajo la iluminación artificial de tu salón. Ello se debe a que vemos los objetos a través de la luz *reflejada* por su superficie, y las propiedades de la luz reflejada dependen tanto de las características de la superficie como de la iluminación. Aunque nuestros sistemas visuales pueden desechar parcialmente las condiciones de iluminación, esta sigue desempeñando un papel importante en el color percibido, y las obras de arte suelen resaltar este papel. Por ejemplo, la obra *RGB/CMY* de Karina Peisajovich presenta luces de colores proyectadas sobre bandas pintadas en una superficie plana (VÉASE FIG.6). Mientras que las bandas pintadas permanecen iguales, sus colores y formas percibidos cambian a medida que lo hacen las luces.

Los artistas han explorado durante mucho tiempo la interacción de la luz con las superficies, lo que ha aportado valiosas perspectivas a científicos y filósofos que estudian la percepción del color. También han aportado pistas sobre cómo el sistema visual podría aprovechar las señales cromáticas para estimar la profundidad, la forma y la textura superficial de los objetos en entornos naturales. La obra mencionada de Peisajovich puede incluso producir una ilusión de profundidad gracias a las bandas que parecen retroceder o sobresalir; y las pinturas de interferencia bidimensionales de Anoka Faruqee y David Driscoll provocan una poderosa sensación de volumen que parece invitar a la interacción física. La cuidadosa superposición de patrones cromáticos en las pinturas de Faruqee y Driscoll desencadena de forma plausible la percepción de sombras

4. Bevil R. Conway, «Color Consilience: Color through the Lens of Art Practice, History, Philosophy, and Neuroscience», *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1251, pp. 77-94; https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2012.06470.x.

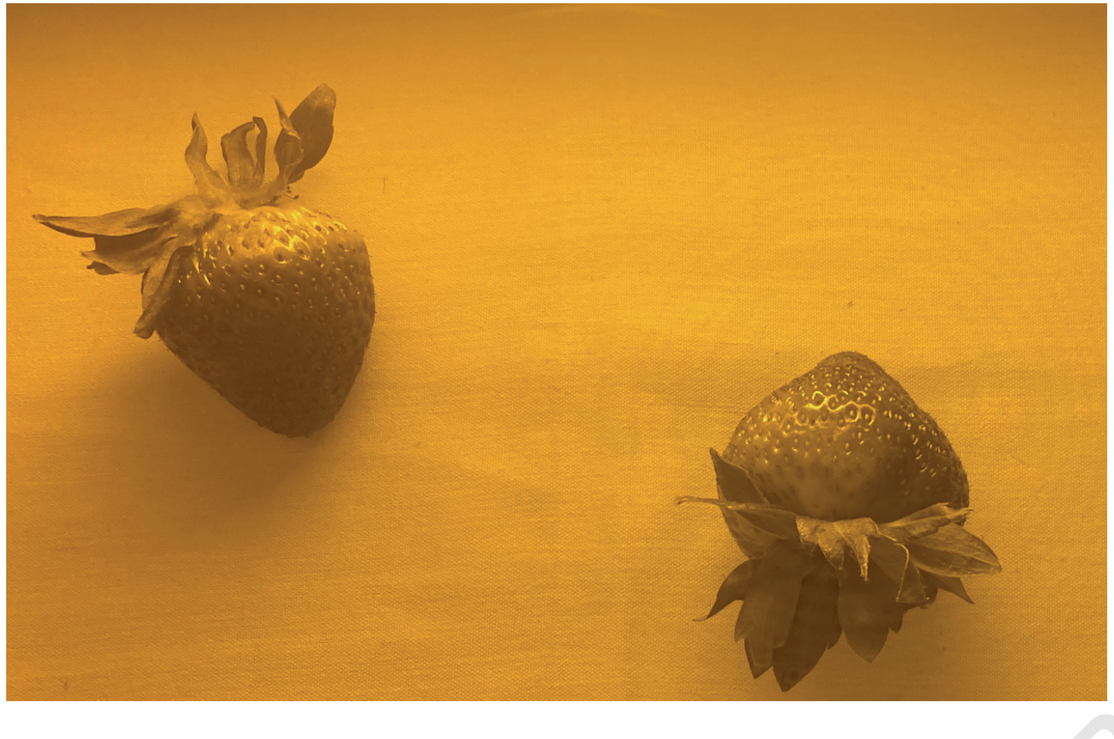


Figure 3. Strawberries photographed by the author in a room lit with monochromatic light, designed by Helen Feibes and Rosa Lafer-Sousa. ("A World Without Color: Monochromatic Light Room," Vision Sciences Society Annual Conference, St. Pete Beach, Florida, USA, 2024.)

Figure 3. Strawberries photographed by the author in a room lit with monochromatic light, designed by Helen Feibes and Rosa Lafer-Sousa. ("A World Without Color: Monochromatic Light Room," Vision Sciences Society Annual Conference, St. Pete Beach, Florida, USA, 2024.)

PROOFS

Colors and Perceivers

Perceived color depends on context, which makes it unstable. Some philosophers reason from the instability of color to the conclusion that all our color experiences are illusory and the world entirely colorless.[6] But this conclusion is too quick. Perhaps color is not the simple property we naively take it to be, but this need not mean that it isn't real. It might be a different kind of property, one that depends on the interaction of objects, perceivers, and perceptual circumstances.

Perceivers certainly bring a lot to the table. We have already seen how color vision can help generate experiences of contrast, depth, and texture that are not present in the physical stimulus itself. But color visual systems also process spectral information differently. A familiar example is the difference between a so-called normal human color perceiver with three classes of retinal cone photoreceptors and a color-blind perceiver with only two cone classes. The additional cone class allows for an additional dimension of color discrimination (often the red-green dimension in humans), and a more fine-grained sampling of surfaces in terms of their material properties. Two surfaces that look the same to a color blind "dichromat" might look very different to a normal "trichromat."

The term "color blindness" suggests that human vision without one of the usual chromatic dimensions is somehow deficient, but comparing visual systems solely in terms of their spectral discrimination power can be misleading. Many populations of New World monkeys divide into roughly equal numbers of dichromats and trichromats, and ecologists have proposed that the two types of visual systems might be optimized for different visually guided tasks, providing mutual benefit. For example, monkeys with three cone classes might be better at finding fruit in certain conditions and monkeys with two cone classes at spotting camouflaged insects.[7] If so, then it seems strange to say that one type of visual system is better than the other.

The idea that dichromatic monkeys can break certain insect camouflage illustrates how animal camouflage typically evolves to match a specific visual system, often that of a key predator or prey species. Many types of camouflage exploit the contributions color vision makes to object perception and recognition.[8] Even camouflage based on disruptive patterns (such as false edges), rather than specific colors, is more effective for some perceivers than others. For humans, tigers might look conspicuously orange in forest environments, but for many of the tigers' usual prey, such as deer, they blend dangerously well with the surrounding vegetation.

The great variety of different color visual systems in the animal kingdom shows that color vision is often specialized for environmental niches. Some species might even tailor their color vision to specific environments. For example, African cichlids (a type of freshwater fish)

6. C. L. Hardin, *Color for Philosophers: Unweaving the Rainbow* (Hackett Publishing Company, 1988).

7. Tomohide Hiwatashi et al., "An Explicit Signature of Balancing Selection for Color-Vision Variation in New World Monkeys," *Molecular Biology and Evolution* 27, no. 2 (2010): 453–64, https://doi.org/10.1093/molbev/msp262.

8. Sami Merilaita, Nicholas E. Scott-Samuel, and Innes C. Cuthill, "How Camouflage Works," *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 372, no. 1724 (2017): 20160341, http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2016.0341.

o gradaciones lumínicas, que el sistema visual trata entonces como información sobre la profundidad relativa y la orientación de las superficies percibidas[5]. También puede crearse una impresión ilusoria de textura reflectante.

Por otro lado, en *Chromosaturation*, de Carlos Cruz-Diez, el espectador se ve inmerso en un color omnipresente. La instalación ilustra la utilidad de la visión del color al impedir que el sistema visual haga lo que normalmente hace. *Chromosaturation* emplea luces que favorecen una banda limitada de longitudes de onda, y las superficies de las salas solo pueden reflejar las longitudes de onda presentes en la iluminación. Como resultado, los tonos convergen hacia la misma categoría de color y los espectadores experimentan el color privado de su función habitual como elemento diferenciador y ayuda para el reconocimiento.

La luz natural y la mayoría de las fuentes de iluminación cotidianas contienen un espectro continuo de longitudes de onda visibles. Como estamos acostumbrados a estas condiciones, las luces que solo contienen una banda estrecha de longitudes de onda pueden resultar extrañamente inquietantes y hacer que los objetos parezcan casi irreales. Por ejemplo, unas fresas vistas bajo una luz amarilla con una longitud de onda casi única son poco apetecibles y adquieren incluso un aspecto metálico o de plástico (FIG. 3). Los cineastas a veces aprovechan estos efectos para crear atmósferas amenazantes o distópicas muy alejadas de nuestro mundo cotidiano.

5. Véase Frederick A. A. Kingdom, Catherine Beauce y Lyndsay Hunter, «Colour Vision Brings Clarity to Shadows», *Perception*, vol. 33, núm. 8, 2004, pp. 907-914; https://doi.org/10.1068/p5264.

6. C. L. Hardin, *Color for Philosophers: Unweaving the Rainbow*, Indianápolis y Cambridge, Massachusetts, Hackett Publishing Company, 1988.

Colores y perceptores

El color percibido depende del contexto, por lo que resulta inestable. Algunos filósofos deducen, a partir de esta inestabilidad, que todas nuestras experiencias cromáticas son ilusorias y que el mundo carece por completo de color[6]. Sin embargo, se trata de una conclusión precipitada. Quizá el color no sea la propiedad simple que ingenuamente creemos que es, pero ello no significa que no sea real. Es posible que se trate de un tipo de propiedad diferente y que dependa de la interacción entre los objetos, los perceptores y las circunstancias de la percepción.

Los perceptores, sin duda, tienen un papel fundamental. Ya hemos visto cómo la visión del color puede ayudar a generar experiencias de contraste, profundidad y textura que no están presentes en el propio estímulo físico. Pero los sistemas de visión del color también procesan la información espectral de manera diferente. Un ejemplo conocido es la diferencia entre un perceptor humano del color considerado «normal», con tres clases de fotorreceptores cónicos en la retina, y un perceptor daltónico, que cuenta únicamente con dos clases de conos. La clase adicional de conos permite una dimensión adicional de discriminación del color (a menudo la dimensión rojo-verde en los humanos) y un muestreo más detallado de las superficies en cuanto a sus propiedades materiales. Dos superficies que parecen iguales para un «dicromático» daltónico pueden resultar muy diferentes a un «tricromático» normal.

have a large repertoire of cone opsin genes but express only some of those genes in their retina. Which genes are expressed varies with the local light environment and foraging mode. This kind of "mix-and-match color vision" provides a powerful mechanism for rapidly adapting to environmental change.[9]

Even among normal human color perceivers, we might find a surprising degree of perceptual variation. Although color experiences are private and fully accessible only from the first-person perspective, psychologists have devised experiments which suggest that two "color-normal" individuals might inhabit very different phenomenal worlds. For example, in studies where participants are asked to select, from a range of greenish color chips, the one that looks just green (and not bluish or yellowish), participants often choose very different chips.[10] This suggests that even "normal" color visual systems can be calibrated differently within a species. The calibration might have to do with differences in the spectral sensitivities of retinal photoreceptors or differences in how the receptor outputs are processed deeper in the brain.

The variation in color perception across species, across individuals, and across perceptual circumstances suggests that color vision is a flexible tool that exploits spectral information to enhance important perceptual capacities. Many animals see with color, and their visual systems might often be tuned to solve specific problems faced by their ancestors, even though these systems can be co-opted to support new tasks, goals, and interests. For example, human color vision might be optimized for ensuring foraging success, but this doesn't stop us from enjoying colorful art.

Unstable Colors

If color emerges from the interaction of objects, perceivers, and perceptual circumstances, then strictly speaking your mug might only be a specific shade of cerulean blue for certain perceivers in certain perceptual conditions, not across the board. Still, our everyday way of talking about color is likely adequate for most mundane purposes. It helps that many color terms pick out relatively coarse-grained categories ("dark red," "blue green," "pink"), and although experienced colors can vary at the level of fine-grained hues, they rarely cross the boundaries of such categories. As a result, if I ask you to pass me the "blue green mug," chances are I will get the mug I want.

But even if we stick to our ordinary ways of talking about color, we can appreciate the remarkable contributions color vision makes to our successful engagement with the world. It might not give us access to any stable properties "out there" that underwrite our seeing the world as colored, but most of us would have little use for such information in the first place. What we *do* need, as worldly agents with fragile existences, is information about what is there and where it is, and whether it is edible or dangerous or otherwise of concern. And this is precisely the kind of information our color visual systems help us extract from visual input.

Variation in color perception also shows that we do not have a God's-eye view of the world. The world appears to us the way it does because we belong to a certain species, with certain kinds of bodies and interests. For example, flower-visiting bees are sensitive to ultraviolet light and can see patterns on flowers that are invisible to the human eye.[11] To borrow the terminology of Donald Hoffman, a cognitive scientist, perception constitutes a "species-specific user interface" between an animal and the world that simplifies the complexity of the world and facilitates successful behaviors.[12] Color vision is a particularly salient example of just how much these perceptual interfaces can differ.

9. Juliet W. L. Parry et al., "Mix and Match Color Vision: Tuning Spectral Sensitivity by Differential Opsin Gene Expression in Lake Malawi Cichlids," *Current Biology* 15, no. 19 (2005): 1734–39, https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.08.010.

10. Rolf G. Kuehni, "Variability in Unique Hue Selection: A Surprising Phenomenon," *Color Research and Application* 29, no. 2 (2004): 158–62, https://doi.org/10.1002/col.10237.

11. Klaus Lunau, María Gabriela Gutiérrez Camargo, and Ren Zong-Xin, "Bees, Flowers and UV," *Plant Biology* 27, no. 6 (2025): 948–61, https://doi.org/10.1111/plb.70050.

12. Donald D. Hoffman, "The Interface Theory of Perception: Natural Selection Drives True Perception to Swift Extinction," in *Object Categorization: Computer and Human Vision Perspectives*, ed. Sven J. Dickinson et al. (Cambridge University Press, 2009).

PROOFS

El término «daltonismo» sugiere que la visión humana que carece de una de las dimensiones cromáticas habituales es de algún modo deficiente. Sin embargo, comparar los sistemas visuales únicamente en función de su capacidad de discriminación espectral puede resultar engañoso. Muchas poblaciones de monos del Nuevo Mundo se dividen en un número aproximadamente igual de dicromáticos y tricromáticos, y los ecólogos han propuesto que los dos tipos de sistemas visuales podrían estar optimizados para diferentes tareas guiadas visualmente, lo que proporciona un beneficio mutuo. Por ejemplo, los monos con tres clases de conos podrían estar mejor preparados para encontrar fruta en determinadas condiciones y los que tienen dos clases de conos, para detectar insectos camuflados[7]. Si es así, entonces resulta extraño considerar que un tipo de sistema visual sea superior que el otro.

La idea de que los monos dicromáticos pueden detectar ciertos tipos de camuflaje en insectos ilustra cómo el camuflaje animal suele evolucionar para adaptarse a un sistema visual específico, a menudo el de un depredador o una presa clave. Muchos tipos de camuflaje aprovechan la contribución de la visión del color a la percepción y el reconocimiento de los objetos[8]. Incluso el camuflaje basado en dibujos disruptivos (como los falsos bordes), en lugar de colores específicos, resulta más eficaz para algunos observadores que para otros. Para los humanos, los tigres pueden parecer llamativamente naranjas en entornos forestales, pero para muchas de sus presas habituales, como los ciervos, se mimetizan peligrosamente bien con la vegetación circundante.

La gran variedad de sistemas de visión del color en el reino animal demuestra que esta capacidad suele estar especializada para nichos ambientales concretos. Algunas especies pueden incluso adaptar su visión del color a entornos específicos. Por ejemplo, los cíclidos africanos (un tipo de pez de agua dulce) poseen un amplio repertorio de genes de opsinas en los conos, pero solo expresan una parte de ellos en la retina. Los genes que se activan varían en función del entorno lumínico local y del modo de alimentación. Este tipo de «visión combinatoria del color» constituye un potente mecanismo para adaptarse rápidamente a los cambios ambientales[9].

Incluso entre las personas con una percepción normal del color podemos encontrar un grado sorprendente de variación. Aunque la experiencia cromática es algo privado y solo plenamente accesible en primera persona, los psicólogos han ideado experimentos que sugieren que dos individuos con «percepción normal del color» pueden habitar mundos fenoménicos muy diferentes. Por ejemplo, en estudios en los que se pide a los participantes que seleccionen, de entre una gama de muestras de colores verdosos, la que parezca simplemente verde (no azulada ni amarillenta), estos suelen elegir muestras muy dispares[10], lo que indica que incluso los sistemas «normales» de visión del color pueden calibrarse de forma distinta dentro de una misma especie. El calibrado podría tener que ver con diferencias en la sensibilidad espectral de los fotorreceptores de la retina o en el modo en que se procesan las señales de los receptores en las capas más profundas del cerebro.

Las variaciones en la percepción del color entre especies, entre individuos y en función de las circunstancias sugieren que la visión del color es una herramienta flexible que aprovecha la información espectral para mejorar capacidades perceptivas importantes. Muchos animales ven en color, y es posible que sus sistemas de visión estén a menudo adaptados para resolver problemas específicos a los que se enfrentaban sus antepasados, aunque estos sistemas puedan ser aprovechados para apoyar nuevas tareas, objetivos e intereses. Por ejemplo, la visión del color en los seres humanos podría estar optimizada para garantizar el éxito en la búsqueda de alimento, pero esto no nos impide disfrutar del arte rico en colores.

Colores inestables

Si el color surge de la interacción entre los objetos, los perceptores y las circunstancias de la percepción, entonces, en sentido estricto, tu taza podría ser solo un tono específico de azul cerúleo para ciertos observadores en determinadas condiciones perceptivas, y no de manera generalizada. Aun así, nuestra forma cotidiana de hablar del color probablemente sea adecuada para la mayoría de los fines cotidianos. Ayuda el hecho de que muchos términos que se refieren al color designan categorías relativamente generales («rojo oscuro», «azul verdoso», «rosa»), y aunque los colores percibidos pueden variar a nivel de matices más sutiles, rara vez traspasan los límites de dichas categorías. Como resultado, si te pido que me pases la «taza azul verdosa», lo más probable es que reciba la taza que quiero.

Sin embargo, incluso si nos ceñimos a nuestra forma habitual de hablar sobre el color, somos capaces de apreciar las notables contribuciones que la visión del color hace a nuestra buena interacción con el mundo. Es posible que no nos dé acceso a ninguna propiedad estable de los objetos que respalde nuestra percepción del mundo como algo coloreado, pero la mayoría de nosotros, para empezar, no le daríamos mucho uso a esa información. Lo que *sí* necesitamos, como agentes mundanos con existencias frágiles, es información sobre qué hay ahí fuera y dónde está, y si es comestible, peligroso o motivo de preocupación. Y este es precisamente el tipo de información que nuestros sistemas de visión del color nos ayudan a extraer de los estímulos visuales.

La variación en la percepción del color también demuestra que no tenemos una visión omnisciente del mundo. El mundo se nos presenta tal y como lo vemos porque pertenecemos a una especie determinada, con ciertos tipos de cuerpos e intereses. Por ejemplo, las abejas que

7. Tomohide Hiwatashi *et al.*, «An Explicit Signature of Balancing Selection for Color-Vision Variation in New World Monkeys», *Molecular Biology and Evolution*, vol. 27, núm. 2, febrero de 2010, pp. 453–464; https://doi.org/10.1093/molbev/msp262.

8. Sami Merilaita, Nicholas E. Scott-Samuel e Innes C. Cuthill, «How Camouflage Works», *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 372, núm. 1724, julio de 2017; http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2016.0341.

9. Juliet W. L. Parry *et al.*, «Mix and Match Color Vision: Tuning Spectral Sensitivity by Differential Opsin Gene Expression in Lake Malawi Cichlids», *Current Biology*, vol. 15, núm. 19, octubre de 2005, pp. 1734–1739; https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.08.010.

10. Rolf G. Kuehni, «Variability in Unique Hue Selection: A Surprising Phenomenon», *Color Research and Application*, vol. 29, núm. 2, enero de 2004, pp. 158–162; https://doi.org/10.1002/col.10237.

visitan las flores son sensibles a la luz ultravioleta y pueden ver patrones en las flores que resultan invisibles para el ojo humano[11]. Tomando prestada la terminología de Donald Hoffman, científico cognitivo, podemos decir que la percepción constituye una «interfaz de usuario específica de la especie» entre un animal y el mundo, que simplifica la complejidad de este y facilita los comportamientos exitosos[12]. La visión del color es un ejemplo particularmente notable de hasta qué punto pueden diferir estas interfaces perceptivas.

11. Klaus Lunau, María Gabriela Gutiérrez Camargo y Ren Zong-Xin, «Bees, Flowers and UV», *Plant Biology*, vol. 27, núm. 6, mayo de 2025, pp. 948-961, https://doi.org/10.1111/plb.70050.

12. Donald D. Hoffman, «The Interface Theory of Perception: Natural Selection Drives True Perception to Swift Extinction», en Sven J. Dickinson *et al.* (eds.), *Object Categorization: Computer and Human Vision Perspectives*, Cambridge, Cambridge University Press, 2009.