

## Color estructural: un nuevo campo de exploración para la ciencia y el diseño

Carlos Fiorentino y Tomizlav Terzin (\*)  
*University of Alberta, Biomimicry Alberta, Canadá*

Actas de Diseño (2022, octubre),  
 Vol. 41, pp. 188-190. ISSN 1850-2032.  
 Fecha de recepción: julio 2021  
 Fecha de aceptación: enero 2022  
 Versión final: octubre 2022

**Resumen:** El color observado en la naturaleza se obtiene de dos formas: por pigmentación o por estructura o color estructural. Este último, abre oportunidades para la innovación en industrias y tecnologías de color vinculadas al diseño. Este artículo introduce el color estructural, describe áreas en las que el tema podría expandirse, y analiza posibilidades de innovación para el diseño en el futuro.

**Palabras Clave:** Color estructural – Innovación – Diseño – Naturaleza.

[Resúmenes en inglés y portugués y currículum en p.189]

Llevó 3800 millones de años para que las alrededor de 9 millones de especies que existen hoy en el planeta evolucionaran. Entre todas ellas, las que desarrollaron alguna forma de coloración, pigmentaria o estructural, lo hacen 100% de manera sustentable, es decir no generan ni desechos ni tóxicos, y los materiales naturales que producen color (pigmentos, melanina, quitina, queratina, etc.) son completamente biodegradables. En contraste, la forma en que la industria del color produce tinturas, pinturas, tintas, tóner, etc. usa materiales naturales y materiales sintéticos, y mezcla componentes altamente tóxicos, en procesos considerados insostenibles (Fiorentino, 2020). Por otro lado, las maneras de producir y reproducir color han sido altamente desarrolladas y perfeccionadas por la industria; sin embargo, el fenómeno de color y la manera que la naturaleza lo genera es apenas entendido e implementado por la industria y las tecnologías de diseño. La mayoría de los estudios sobre el color han sido enteramente basados en la observación limitada de la percepción visual humana. Existe un gran número de estudios, convenciones, estándares y clasificaciones taxonómicas sobre color. Algunos estándares están basados en el conocimiento científico y en avances tecnológicos guiados por la ciencia –por ejemplo la mezcla aditiva de color para pantallas electrónicas basadas en valores RGB (red, green, blue). Sin embargo, solo un puñado de estas convenciones y estándares fueron concebidos con rigor científico; y el conocimiento sobre otras formas de coloración alternativas que no sean pigmentarias es escaso fuera de la comunidad científica dedicada a la fotónica. La evolución de las tecnologías que estudian el color y nuevas maneras de producción digital, materiales y fabricación, permiten hoy explorar nuevas formas de generar coloración. El color estructural—o color sin pigmento—observado en la naturaleza abre un capítulo nuevo en la implementación de tecnologías de color, especialmente atractivas para disciplinas emergentes de diseño como la biomimesis. La biomimesis es una disciplina emergente reconocida por su original metodología, con la habilidad de conducir hacia la innovación sustentable (Kennedy & Marting, 2016). La biomimesis estudia “el carácter de la

naturaleza” y emula conscientemente los principios de adaptación y supervivencia de la naturaleza, imitando no solo las formas, las funciones y las estructuras, sino también los procesos y contextos entendiéndolos a nivel sistémico (Benyus, 1997).

Los colores-pigmento (observados en algunos minerales, elementos químicos y en diversos materiales naturales y sintéticos) resultan de una alteración en los electrones de la composición atómica en la superficie de los materiales, los cuales absorben ciertas longitudes de onda de la luz y reflejan otras (Hsiung et.al., 2016). Esta actividad electromagnética está ausente en el color estructural, el cual es producido por nanoestructuras en superficies incoloras de los materiales, con detalles más pequeños que las longitudes de onda de la luz, produciendo diferentes colores.

El color estructural ha sido observado por más de tres siglos desde su descubrimiento y las primeras descripciones científicas hechas por Hooke y Newton en 1704 (Kinoshita, 2008). Sin embargo, solo recientemente y con el avance de la computación, y la micro y nanotecnologías, el color estructural ha sido mejor observado y entendido. En física el fenómeno de color estructural se conoce como “interferencia lumínica.” En muchas especies observadas el color estructural es conseguido con “información agregada” a la superficie de los materiales a escala nanométrica. La mayoría de los mecanismos y estructuras observadas se pueden definir como “variaciones de la luz dispersándose al encontrarse con objetos que difieren en su índice refractivo,” es decir donde la luz incidente rebota desde la nanoestructura de la superficie en forma de los diferentes colores del espectro visible. El color estructural es abundante entre millones de especies del reino animal (Parker, 1998; Prum y otros, 2003), vegetal (Vignolini y otros, 2012), hongos y hasta bacterias (Starkey & Vukusic, 2013). Puede ser fácilmente observado y detectado a simple vista, sin embargo la “revelación de la magia” ocurre al entender cómo esos colores intensos y brillantes son generados por fascinantes micro y nanoestructuras sólo observables con instrumentos especiales.

El color estructural se presenta ante la vista humana como colores muy intensos y brillantes, en muchos casos metálicos y/o iridiscentes. Se pueden observar sobre todo en muchos insectos, aves y peces, pero también en flores, frutas y hongos. Por definición, otros fenómenos observables en la naturaleza son también color estructural y se ven en elementos inanimados como por ejemplo minerales y rocas. La nieve, el hielo o el cielo son también fenómenos de color estructural, debido a la combinación de moléculas de agua y moléculas de oxígeno, que hace que luzcan azules (Parker, 1998).

Se ha avanzado mucho en el conocimiento del color estructural observable en la naturaleza, pero aún hay mucho por conocer y entender. Un caso enigmático es la presencia del color azul en la naturaleza. La mayoría de los colores azules que observamos no son pigmentarios sino estructurales o combinaciones de ambos. Un ejemplo es el azul reflejado por el iris de los ojos humanos y algunos mamíferos: los ojos azules no tienen pigmento azul, el azul es estructural; de la misma forma los ojos verdes tampoco tienen pigmento azul, sino que es una mezcla de azul estructural con la pigmentación amarillenta de la melanina.

Si bien no hay evidencia científica concluyente al respecto de las razones por las cuales el pigmento azul es escaso en la naturaleza—y como contrapunto el color estructural más abundante sería el azul, los científicos suelen ofrecer distintas teorías. Por ejemplo, polímeros naturales como la melanina y la quitina son abundantes en la naturaleza y producen la gama de colores que va desde los rojos a los amarillos y marrones, esto explicaría la abundancia de esos pigmentos (Fiorentino, 2020). El azul en cambio es difícil de adquirir de manera bioquímica, y muchos animales evolucionaron hacia el color estructural cuando incluir el azul o verde en “sus paletas” fue una cuestión de supervivencia. Científicos expertos en la materia asocian el rango de corta longitud de onda que va de los azules al ultravioleta al uso que hacen las especies para atracción sexual, desde el cortejo de algunos pájaros hasta la atracción que las flores ejercen sobre las abejas para la polinización. Otros científicos sostienen que, desde el punto de vista químico, la naturaleza no ha favorecido a las moléculas—de oxígeno, hidrógeno—para absorber todas las longitudes de onda del espectro visible, a excepción de los azules—500 a 700 nm, y es por esto que es más sencillo desde un punto de vista evolutivo para las especies lograr el azul mediante color estructural, sin el costo bioquímico de producir pigmentación (Fiorentino, 2020). Hay más áreas investigables dentro del color estructural, aguardando por más estudios y evidencia. Un creciente interés y mayor número de investigaciones sobre biofotónica y color estructural en particular, permitirá descubrir un mayor número de oportunidades para la innovación en el futuro.

#### Referencias bibliográficas

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. New York, NY: Perennial.

- Fiorentino, C. (2020). *StrC-Rich Prospect Taxonomy on Structural Colour: A Tool for Research to Connect Scientific Knowledge on Nature and Biomimetic Design Innovation*. Edmonton, Alberta, Canada: Faculty of Graduate Studies and Research, University of Alberta. DOI: <https://doi.org/10.7939/r3-q0s8-pt40>
- Fiorentino, C., Montana-Hoyos, C. (2014). *The Emerging Discipline of Biomimicry as a Paradigm Shift towards Design for Resilience*. *The International Journal of Designed Objects*. 8 (1) 2-15. Champaign, Illinois, USA: Common Ground Publishing LLC.
- Hsiung, B.K., Siddique, R., Jiang, L., Liu, Y., Lu, Y., Shawkey, M., and Blackledge, T. (2016). *Structural Colors: Tarantula-Inspired Noniridescent Photonics with Long-Range Order*. *Advanced Optical Materials* 5 (2).
- Kennedy, E. B., & Marting, T. A. (2016). *Biomimicry: Streamlining the front end of innovation for environmentally sustainable products*. *Research-Technology Management*, 59(4), 40–48.
- Kinoshita, S. (2008). *Structural colors in the realm of nature*. New Jersey: World Scientific.
- Parker, A.R. (1998). *The Diversity and Implications of Animal Structural Colours*. *The Journal of Experimental Biology* 201(16), 2343–47.
- Prum, R. O. and R.H. Torres (2003). *Structural Colouration of Avian Skin: Convergent Evolution of Coherently Scattering Dermal Collagen Arrays*. *Journal of Experimental Biology*. 206(14), 2409–29.
- Starkey, T., & Vukusic, P. (2013). *Light manipulation principles in biological photonic systems*. *Nanophotonics*. 2(4), 289–307.
- Vignolini, S., Rudall, P. J., Rowland, A. V, Reed, A., Moyroud, E., Faden, R. B., ... Steiner, U. (2012). *Pointillist structural color in Pollia fruit*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(39), 15712–5.

**Abstract:** The color observed in nature is obtained in two ways: by pigmentation or by structure or structural color. The latter opens up opportunities for innovation in design-related color industries and technologies. This article introduces structural color, describes areas where the topic could be expanded, and discusses possibilities for future design innovation.

**Keywords:** Structural color - Innovation - Design - Nature.

**Resumo:** A cor observada na natureza é obtida de duas maneiras: por pigmentação ou por estrutura ou cor estrutural. Este último abre oportunidades para inovação nas indústrias e tecnologias de cor relacionadas ao design. Este artigo introduz a cor estrutural, descreve áreas onde o tópico poderia ser expandido e discute possibilidades para futuras inovações em design.

**Palavras chave:** Cor estrutural - Inovação - Design - Natureza.

**(\*) Dr. Carlos Fiorentino:** docente, investigador y profesional del diseño, nacido en Argentina y arraigado en Canadá desde 2006. Su trabajo de doctorado en la Universidad de Alberta fue dedicado a las teorías del biocentrismo, la biomimesis, y estudios de color estructural (2020). El Dr. Fiorentino es docente de diseño en la Universidad de Alberta y la Universidad Grant MacEwan en Canadá. También ha trabajado profesionalmente en el campo de la comunicación visual por casi treinta años, y ha sido parte de varios grupos de investigación en el área digital de las ciencias sociales y humanidades. El Dr.

Fiorentino es co-fundador y miembro activo de Biomimicry Alberta, y asesor del Comité de Educación sobre la Sustentabilidad para la Universidad Grant MacEwan y del Consejo para la Sustentabilidad de la Universidad de Alberta. El Dr. Fiorentino ha publicado un gran número de artículos académicos y contribuido a cinco libros vinculados al diseño, así como también ha presentado en más de cuarenta congresos y simposios internacionales. Dr. **Tomislav Terzin**: es biólogo, investigador y Profesor Asociado de biología en el Departamento de Ciencia del Campus Augustana, Universidad de Alberta, nacido en Serbia y arraigado en Canadá desde 2001. El Dr. Terzin enseña en las áreas de genética, biología evolutiva (evo-devo, evolution of development), biología molecular y celular. Ha investigado la evolución y el desarrollo de patrones de color en invertebrados, así como también

investigaciones aplicadas a la emulación y camuflaje observadas en especies de mariposas, polillas, escarabajos, e insectos tropicales. El Dr. Terzin ha publicado libros y artículos sobre estos y otros temas de actualidad científica, muchos vinculados a la biomimesis. El Dr. Terzin tiene una vasta experiencia en colaboraciones internacionales, participando en congresos y simposios científicos en Canadá y otros países. Ha sido entrevistado por un gran número de programas científicos de radio, TV y prensa escrita en Canadá y Europa. El Dr. Terzin posee una de las colecciones de artrópodos más completas en Canadá, la cual reside en Campus Augustana. Ha organizado diversas exhibiciones basadas en dicha colección. También es miembro y asesor científico de Biomimicry Alberta.

## Mitos e verdades sobre a análise de tendências: uma proposta

Alessandro Mateus Felipe (\*)

Actas de Diseño (2022, octubre),  
Vol. 41, pp. 190-193. ISSN 1850-2032.  
Fecha de recepción: julio 2021  
Fecha de aceptación: enero 2022  
Versión final: octubre 2022

**Resumo:** o presente texto qualifica os desdobramentos teóricos-conceituais versados sobre a recente temática da análise de tendências, materializando uma proposta de mitos e verdades. Por meio da Revisão Bibliográfica, Grounded Theory e Análise Qualitativa de Dados, apontam-se pistas que formatam resultados acerca desse proeminente campo de estudos em transformação; qualifica-se o ensaio como de natureza básica, qualitativa e objetivos descritos. À guisa de conclusão, entende-se que os mitos em torno da análise de tendências configuram-se nela não ser restrita a gurus e nem ser sólida; as verdades se desenham nela ser ampla, interdisciplinar e constante. Por fim, aspira-se que este ensaio corrobore para o embrionário, e igualmente potente, campo de estudos de tendências.

**Palavras chave:** tendências – análise de tendências – mitos – verdades – grounded theory.

[Resúmenes en inglés y español y currículum en p.193]

### Introdução e design metodológico

A pauta da análise de tendências vem ganhando cada vez mais notoriedade em feiras, eventos e no próprio ambiente acadêmico, para além do espaço empresarial. Neste sentido, faz-se necessário delimitarmos o conceito de tendências e sua respectiva análise, suas funcionalidades, práticas e, ademais, desconstruir mitos teórico-conceituais acerca deste campo. Insta-se, dessa maneira, com essa comunicação, apresentar algumas características da análise de tendências, denominadas de mitos e verdades.

Aqui, classifica-se o ensaio em termos científicos através do uso de métodos, técnicas e procedimentos, uma vez que a metodologia científica “se constitui no caminho de construção do método científico” (Silveira, 2018, p. 13). Dessa maneira, os passos metodológicos compreendem pesquisa com finalidade básica. Isso porque “objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista” (Silveira, 2018, p. 15), através da articulação de autores que pesquisam as temáticas de branding e gestão de tendências.

Do ponto de vista da abordagem do problema, classifica-se como qualitativa. Segundo Gil (2008, p. 15), a abordagem

qualitativa “considera que há uma dinâmica entre o mundo real e o sujeito”, implicando uma interpretação e construção de significados a partir dos dados obtidos ao longo do estudo. Do ponto de vista dos objetivos almejados, consideram-se de cunho descritivo, já que esse tipo “visa descrever as relações entre variáveis” (Silveira, 2018, p. 17) trabalhando com o relato de algum fato ou fenômeno. Ancorando-se nas metodologias de Revisão Bibliográfica (Gil, 2008; Stumpf, 2010,) e Grounded Theory (Bandeira-de-mello, Cunha, 2006; Glaser, Strauss, 1967; Strauss, 1987; Corbinm, Strauss, 2008; Soneira, 2007) para a coleta de dados, propõe-se tensionamentos teóricos para alcançar o objetivo proposto; para a análise dos dados coletados, utilizou-se a metodologia de Análise Qualitativa de Dados, sendo definido como um processo articulado com as etapas de redução, categorização e interpretação de dados (Gil, 2017; Silveira, 2018; Gil, 2008). Por fim, o presente ensaio é dividido em três principais momentos: introdução e design metodológico, conceitos teóricos acerca de tendências e, finalmente, mitos e verdades acerca da análise de tendências, para além das considerações finais.