



Alberto Cervantes Baqué

ORCID 0000-0002-5130-5475

*Cromática biomimética.
El color en la naturaleza*

Capítulo 2

pp. 15-26

De los métodos y las maneras

Número 5

Coordinador de la obra

José Iván Gustavo Garmendia Ramírez

Compilación y Diseño editorial

Sandra Rodríguez Mondragón

Martín Lucas Flores Carapia

México

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Azcapotzalco

Coordinación de Posgrado de

Ciencias y Artes para el Diseño

Primera edición impresa: 2019

Primera edición electrónica en pdf: 2019

<http://hdl.handle.net/11191/6250>

ISBN de la colección en versión impresa: 978-607-28-1322-9

ISBN No. 5 versión impresa: 978-607-28-1786-9

ISBN de la colección en versión electrónica: 978-607-28-1326-7

ISBN No. 5 versión electrónica: 978-607-28-1785-2



Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

2020:

Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco, Coordinación de Posgrado de Ciencias y Artes para el Diseño. Se autoriza la consulta, descarga y reproducción con fines académicos y no comerciales o de lucro, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. Para usos con otros fines se requiere autorización expresa de la institución.

Universidad
Autónoma
Metropolitana



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**



Ciencias y Artes para el Diseño

**Cordinación de
Posgrado CyAD**

<http://cyadposgrados.azc.uam.mx/>

Cromáticas biomiméticas. *El color en la naturaleza*

M.A.V. Adolfo Alberto Cervantes Baqué

Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Azcapotzalco, CyAD

Introducción

Cuál es la razón que explica que el colorido de los seres vivos se manifieste de tal forma, que resultan para la percepción humana como propuestas de combinaciones cromáticas armónicas (independientemente de su función biológica) provocando en los seres humanos una reacción generalmente muy positiva, incluso de asombro.

Esta es la reflexión que hizo el autor de este artículo en torno a los colores de la naturaleza.

El punto de partida para la formulación de una hipótesis de trabajo en toda investigación es la de generar nuevo conocimiento bien sea a través de lo que diversos autores han opinado en relación con cierto tema o bien por la observación de los fenómenos y su reflexión racional pretendiendo encontrar una explicación racionalizada.

Hipótesis de trabajo

La incidencia del color en la naturaleza puede tener ciertos patrones o modelos de comportamiento que sean aplicables al diseño mediante algún procedimiento metodológico. Puede haber una vinculación entre la función natural del color para la sobrevivencia del organismo (como advertir su carácter peligroso o la función de ocultamiento con el ambiente) y esto puede influir eventualmente en su aplicación al diseño a situaciones similares.

En caso de que no existieran reglas, principios o modelos sistematizados de incidencia del color en las manifestaciones orgánicas de la naturaleza, persistiría la posibilidad de aplicar esas mismas alternativas

cromáticas al diseño de acuerdo con cierto método que se pretendería proponer en este estudio, demostrando su eficacia. En otras palabras, puede ser que existan ciertas reglas o criterios de combinación en cuyo caso se analizará la posibilidad de ser transferidas para aplicarse a las áreas de diseño y el arte. E incluso de no haber una lógica, reglas o criterios de aplicación simplemente estas propuestas cromáticas podrían ser transferidas al arte y el diseño mediante algún método teniendo especial cuidado de que los elementos que confieren esa armonía no se pierdan.

La hipótesis de una investigación según (Monje Álvarez, 2011) es:

“Suposición o conjetura verosímil, de relaciones entre hechos o fenómenos, sujeta a comprobación. Proposición tendiente por generalizarse, la cual se probará por medio de los resultados obtenidos de una muestra recolectada en un proyecto de investigación. Debe expresar la relación entre dos o más variables y enunciar claramente cómo se va a comprobar esta relación.

La hipótesis es aquella explicación anticipada que le permite al científico acercarse a la realidad. Son soluciones o respuestas tentativas a las preguntas de investigación”. págs. 83-84.

Hablamos de mantener la armonía cromática que se da en la naturaleza de manera que puede haber una concordancia en las propuestas de los acreditados analistas del color han definido para marcar pautas a los artistas y diseñadores. Por ejemplo, Johanness Itten cita a Wilhem Ostwald mencionando:

Cuando Ostwald escribe: “Consideramos armoniosos aquellos grupos de colores que producen un efecto agradable”, quiere decir que su apreciación de la armonía es completamente subjetiva. La noción de armonía de los colores debe provenir del marco de condiciones subjetivas y llegar a ser una ley objetiva.

Cuando Ostwald dice: “Armonía = composición” y cuando entiende por composiciones armoniosas de colores los círculos cromáticos de semejante valor y los triángulos de colores de idéntico tono, olvida las leyes fisiológicas de la imagen residual y de la simultaneidad. Itten, J. (Itten, 1975)

Contexto de la investigación en cuanto a sus maneras y métodos

Es importante destacar que el contexto de esta investigación se presenta en un ámbito particular. Es una investigación estrechamente ligada a la impartición de la docencia, de manera que su desarrollo se incrustado en el ejercicio educativo con amplia participación de los alumnos. Las características del proceso le otorgan propiedades específicas del modo de investigar, algunas muy ventajosas y otras que se podrían considerar relativamente limitantes.

Dado que el tema principal de la investigación es el color y su aplicación al diseño, el conductor ha decidido que todo el desarrollo de las ideas, hipótesis alternativas, modelos de valoración, métodos de observación, herramientas de medición y puesta en práctica de las propuestas de aplicación se incrusten en el ámbito de la impartición de unidades de enseñanza-aprendizaje de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, en la División de Ciencias y Artes para el Diseño en el ámbito del Tronco General de Asignaturas (TGA) y en particular en las Unidad de Enseñanza Aprendizaje; Sistemas de Diseño y Lenguaje Básico que son materias que versan sobre la impartición de los principios básicos del diseño y desde luego el color es uno de ellos.

Uno de los aspectos pendientes en esta investigación es la comprobación estadística de las valoraciones sobre la armonía de los colores en la mayoría de la población. Hasta ahora se han hecho al interior de la clase y como parte de la dinámica de la enseñanza del color, para ampliar y sistematizar este proceso sería necesario instrumentar cuestionarios complementadas con imágenes que permitan demostrar las suposiciones que se mencionan aquí en torno a la entonación de los colores, la disonancia, la comprobación de que las cromáticas biomiméticas producen aplicaciones en diseño propuestas acertadas, etc. y formar grupos de trabajo tal vez de servicio social para aplicar estas encuestas.

Grupo de trabajo y herramientas digitales de análisis

Al estar integrada la investigación al ejercicio docente, el grupo de trabajo que ha participado y continúa haciéndolo, interactúa con el desarrollo del proceso el cual se da por vía de la práctica docente a través de un análisis conjunto y consensuado que se ejerce en el seno del mismo grupo de alumnos y de esta manera se socializan la conveniencia de los resultados y la eficacia de estos.

En un futuro próximo se piensa dar seguimiento a estos mismos alumnos para patentizar de si estos conocimientos serán aplicados a propuestas de diseño ya en sus carreras.

El grupo está integrado por estudiantes de diseño del primero y segundo trimestre de la carrera y va cambiando según el avance de la docencia cada trimestre. Son alumnos con un amplio interés en los aspectos del diseño y evidentemente el color es una parte fundamental de esto. Su involucramiento se da a través de la realización de un ejercicio en equipo consistente en desarrollar un análisis del colorido de los organismos que ellos mismos eligen libremente, siempre relacionados filogénicamente (flores, insectos, aves, peces, etc.). El diseño de la prueba ha sido cuidadosamente realizado por el docente y se ha ido depurando a lo largo del tiempo. Utilizan un círculo cromático normalizado que se generó con valores cromáticos generados con particiones matemáticas regulares producido por medios digitales. Realizan una presentación de diapositivas proyectadas en el aula en donde se discuten y analizan los resultados de las propuestas cromáticas. Como un medio de registro preciso y accesible a los alumnos se propuso el selector de colores de los programas de operación digital accesibles en diseño y en específico el selector de colores del programa Adobe Photoshop.

Por las características de este proyecto se ha optado que los medios de medición sean accesibles a los estudiantes del nivel mencionado y que el manejo de estas herramientas incluya una capacitación previa dentro del ámbito del aula.

Aunque el tema de la investigación se planteó y registro ante Consejo Divisional apenas hace dos años; materias y temas similares se han ido desarrollando por parte del autor de la investigación, a lo largo de los más de 39 años de docencia.

Otros aspectos de esta investigación se han presentado en los eventos de Forma 2017 el “Diseño con Sentido” y en 2019 “El Futuro Diseñado” del IX y X Congreso Internacional de Diseño de la Habana respectivamente. En el de 2017 se habla de la presentación de la investigación y sus objetivos, de varios fenómenos en donde el color es factor fundamental para la sobrevivencia de los organismos y algunos fenómenos del color no descritos en la biología antes y algunas

propuestas de hipótesis que vinculan la armonía con la forma en diseño y la música (Cervantes Baqué, 2017) y en el segundo la aplicación de esta investigación como un modelo de enseñanza del color (Cervantes Baqué, 2019).

Observación y Marco Teórico

El proceso de conocimiento científico se inicia con la observación, entendida esta no como el simple acto de ver, tal como cotidianamente se concibe, sino como un proceso selectivo mediante el cual el investigador delimita intencionalmente los aspectos relativos al problema sobre los cuales va a fijar su atención. La observación científica se realiza de una forma racional y estructurada atendiendo a objetivos previamente formulados y mediante el uso de las técnicas e instrumentos más adecuados al tipo de información que se desea recolectar. Los resultados de la observación están determinados por el marco teórico (Monje Álvarez, 2011).

La observación del fenómeno de color y su funcionalidad biológica se da también en el ámbito de la asesoría docente al interior del aula y con los recursos previamente trabajados como el uso de material didáctico, el uso de una cañonera o proyector digital y la presentación en clase de muestras de trabajos realizados por alumnos de cursos anteriores.

El color es un fenómeno natural exquisito y una fuente perdurable de inspiración para poetas, artistas, filósofos y científicos. Este encanto no ha escapado a los biólogos, que durante mucho tiempo han tratado de estudiar el color en muchos contextos ecológicos y evolutivos (Kemp et al., 2015) (Johnsen 2012). Johnsen, S. 2012. *A biologist's guide to light in nature*. Princeton, University Press, Princeton, NJ.

La idea de que sobre colores como sobre gustos no hay nada escrito es una concepción bastante arraigada en la conciencia de la gente común. Cuando se habla de ello se piensa particularmente en que poco o nada puede decirse —que tenga validez más allá del gusto subjetivo— (Caivano, 2004, pag.2). En los últimos tiempos, la creciente apreciación de que la mayoría de los animales perciben el color de manera diferente a los humanos (Endler 1990; Bennett 1994)

Varios autores en el campo de la Biología han elaborado modelos del comportamiento de los colores y su vinculación a los organismos. (Kemp y Rutowski 2007) establecen dos escuelas para analizar el color en los organismos una le denomina “de arriba abajo”, que planté al color como un vinculo basado en posturas ecológicas y evolutivas y la otra que denominan “de abajo hacia arriba”, que busca comprender la base próxima de la propagación del color, la recepción y la percepción. Esta escuela abarca disciplinas como la anatomía visual y la fisiología e incluso la genética.

Son posturas muy interesantes que no detallamos aquí por tener objetivos diferentes a este estudio, pero son búsquedas muy interesantes sobre el color y sus implicaciones en la biología. Incluso estos mismos autores han planteado un modelo de análisis del color a partir de una distribución de los colores en un tetraedro regular en donde han incluido graficas de la cromática de varias especies sobretodo aves con el propósito de analizar el sentido de evolución y vínculos filogénicos de estas especies.

El estudio de la coloración se ha transformado durante las últimas décadas al darse cuenta de que los animales ven y perciben su mundo de manera muy diferente a los humanos. Los avances recientes en la comprensión y el modelado de la percepción visual no humana, junto con la capacidad sin precedentes de los biólogos para cuantificar la información espectral (es decir, los rasgos de color, los fondos de visualización y otras características importantes de los entornos visuales naturales), han posicionado el campo para lograr un progreso rápido.

Al considerar que el color tiene una función biológica específica es importante destacar que los animales perciben el color de manera diferente a los humanos. Es sabido que las abejas y otros insectos perciben tonalidades ultravioletas que los humanos no percibimos y así los perros no perciben igual los colores.

Aclaraciones específicas sobre este artículo enfoque al diseño del modelo de observación medición de las pruebas y evaluación estadística de los resultados factores de estimulación para la obtención de evaluaciones de las combinaciones cromáticas organización de los resultados discusión y socialización de los resultados en clase.

Muchas aportaciones a esta investigación fueron tomadas del estudio “*Relationship between Color and Emotion: A Study of College Students*” (Kaya & Epps, 2004)(pags 2-13) en donde se realizó un análisis entre estudiantes sobre los efectos emocionales y culturales del color.

Estos autores mencionan lo siguiente:

La relación entre el color y la emoción está estrechamente vinculada a las preferencias de color. En particular, las preferencias de color se asocian con si un color provoca sentimientos positivos o negativos. Si bien se ha encontrado que los colores particulares son muy preferidos, independientemente de la edad, el grupo racial o la cultura (Adams y Osgood, 1973, Eysenck, 1941), hay algunas pruebas de que la preferencia de color puede tener una base cultural. Por ejemplo, Choungourian (1968) encontró que los colores rojo y azul eran los colores más preferidos entre los sujetos estadounidenses, pero eran menos preferidos en otras culturas. En una

Cromáticas biomiméticas. El color en la naturaleza

comparación de sujetos japoneses y coreanos, Saito (1996) encontró tendencias de preferencia de color únicas entre los dos países, y también con respecto a la edad, el género y la región geográfica dentro del país individual. (Pag.1).

Se pidió a 98 estudiantes universitarios que indicaran sus respuestas emocionales a cinco tonos principales de color y la escala fueron referenciados por el Sistema de Color de Munsell. Búsqueda de regularidad en otros medios de buscar el color

Un elemento común en el que han coincidido ha sido el de buscar una regularidad en el comportamiento que los colores que pueden considerarse como armónicos es decir castro puesto de manera similar como otros elementos que condicionan la forma en la textura elementos que en su incidencia podrían considerarse que hay un patrón sistemático que de alguna manera se asocia al concepto de armonía en este caso hablaríamos de la armonía cromática.

Casi todos los escritores sobre el color postulan una y otra teoría sobre cómo lograr colores armoniosos. Algunos recomiendan combinaciones de colores análogos, otros sugieren colores complementarios, otras combinaciones de tríadas (tres colores equidistantes en la rueda del color, como en la figura 8-1), o disposiciones en tétradas (colores de cuatro puntos de la rueda, como en la figura 8-2), y otros, el colorista suizo Johannes Itten, por ejemplo, recomiendan todo lo mencionado. En su libro *The Interaction of Color*, el pintor, profesor y experto en color estadounidense, Josef Albers, subrayó la importancia de las relaciones cuantitativas en el color (el tamaño y ubicación de una zona de color con relación a los de otro) para producir o bien armonía o bien disonancia (la que él consideraba tan valiosa como la armonía). (Edwards, 2019)

Para Ostwald solo pueden resultar armoniosos aquellos colores cuyos atributos están en una relación simple, relación que puede estar dada por diferentes tintes con igualdad en contenido de blanco y contenido de negro, escalas de igual contenido de blanco, escalas de igual contenido de negro o escalas de igual cromaticidad. (Caivano, 2004) pag3.

También podemos mencionar los denominados colores armónicos que propone Johannes Itten y otros, o bien las triadas entradas con sus variantes de polígonos regulares que se manifiestan en el círculo cromático.

Sin embargo, para marcar una incidencia de regularidad o coincidencia sistematizada es necesario que generemos modelos en los cuales podamos comprobar si esa regularidad se manifiesta. Por ejemplo el círculo cromático es una invención que aparece desde una perspectiva histórica desde un principio con las propuestas de Isaac Newton que acomodó los colores en el orden que se manifiestan en el arco iris pero generando un círculo y se puede afirmar que los colores extremos en su frecuencia de ondas electromagnéticas se cierran forzosamente, pues hablamos que en un extremo del espectro está el rojo (se sabe que hay ondas infrarrojas) de menor frecuencia y en el otro extremo está el violeta con la mayor vibración cromática. Desde luego está el hecho de que ambos colores se combinan para cerrar el círculo sin embargo este modelo de comportamiento se forzó a generar un círculo.

Modelos de medición y valoración cromática.

Si analizamos el modelo de color de Munsell, notamos que está ser hecho en base a la sensibilidad del ojo humano a cada color y por tanto tiene el mérito de enfocarse a la percepción humana y eso provoca que el modelo tenga una forma un tanto irregular. El modelo del cubo de colores de Hicketier tiene aspectos muy coincidentes y lidia bien con la inclusión cromática y acromática de los modelos anteriores, pero desde luego genera un patrón de comportamiento diferente.

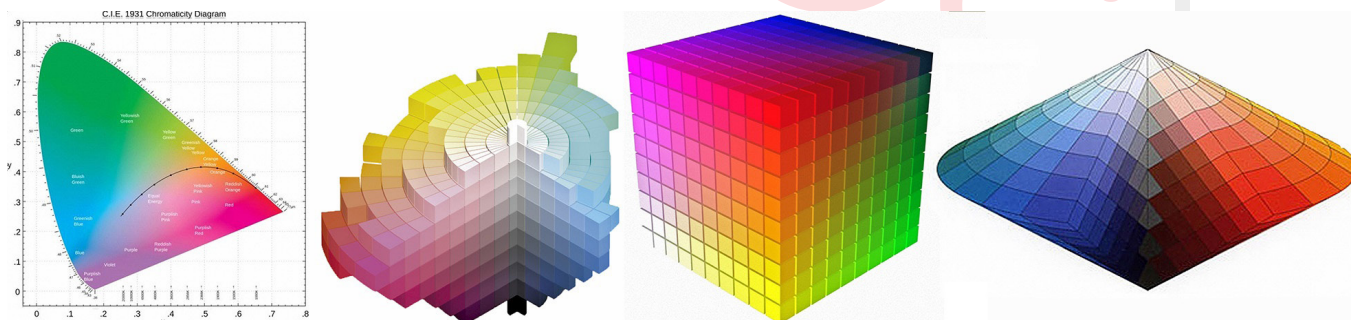


Imagen 1. Diversos modelos para clasificar el color en las dos primeras el modelo de Munsell en su representación bi y tridimensional, luego se ilustra el cubo de los colores de Hicketier y a la izquierda el doble cono del modelo de colores de Wilhelm Ostwald.

El modelo de color de Ostwald está constituido por dos conos que se asientan sobre una misma base circular y cuyos vértices están alineados con el centro del círculo. Este doble cono de colores tiene mayor regularidad geométrica que el modelo Munsell aunque ambos lidias con los tonos su saturación y consecuente barrido hacia el negro y el blanco. Vendría a cuento con cual de los dos es más fácil detectar patrones de regularidad como los modelos bidimensionales que manifiestan polígonos regulares detectados en el círculo cromático, sin embargo, sería extremadamente complicado que los estudiantes detecten los colores en estos modelos tridimensionales, aun con el auxilio de las herramientas digitales.

Wilhelm Ostwald (1853-1932), químico estoniano. su clasificación y normalización cromática es, sin lugar a dudas, la más científica, completa y conocida en nuestros días. Ostwald no sólo crea un sistema técnico sobre el color, sino que además amplía los estudios físicos planteados sobre la luz y abre un amplio camino para el desarrollo de la colorimetría y fotometría, además es quien tiene mejor acogida entre los pintores, debido a las posibilidades de aplicación práctica de sus avances teóricos. Fernando Lossada, & Lossada, F. (2006). *El color y sus armonías. Pag 49*

Vemos que los modelos pueden adquirir formas diferentes tal vez en todos podríamos encontrar patrones de regularidad con el propósito de detectar incidencias que nos permitan afirmar la posible armonía cromática.

Sin embargo, otros teóricos del color han propuesto diferentes modelos que pueden tener la misma validez, aunque siempre tendrán una relativa adecuación a propósitos definidos dado que dependiendo de cómo se formen el modelo tendremos modelos diferentes adecuados a los propósitos de los datos a obtener. La empresa norteamericana Pantone desde 1963 y la francesa Mecanorma en su momento crearon sistemas de identificación numérica y comunicación de los colores con el fin de identificar los colores, pero lo hicieron basados en los resultados que les daban sus tintas de impresión que dependían a su vez de pigmentos accesibles a sus proveedores y si bien estos modelos de clasificación subsisten aun en los programas de computación no denotan una regularidad dominante.

Tal vez en todos estos modelos se puede detectar patrones de regularidad y es posible que en algunos se manifieste ese fenómeno con mayor claridad, sin embargo hacer un estudio detallado donde los colores puedan ser registrados con precisión resultaría sumamente complicado y poco práctico por ello en esta investigación se decidió tomar el círculo cromático como una referencia sencilla y que ya ha sido usada para demostrar manifestaciones regulares como por vecindad en los colores análogos figuras poligonales regulares como triángulos equiláteros, cuadrados para la tétradas.

Uno de los objetivos de esta investigación ha sido el corroborar si hay coincidencia entre los colores de los organismos y las propuestas de los grandes teóricos del color como Josef Albers o Johannes Itten.

En el caso del mimetismo entre un organismo y su entorno se ha encontrado que si se suele dar la cualidad de colores análogos dado que los entornos suelen también tener esta opción de combinación cromática.

Diseño de la Prueba de Evaluación Cromática

Evolución de las experiencias de evaluación de los colores de la naturaleza en esta sección describiremos como sea propuesto un ejercicio inicial con las herramientas mencionadas del círculo cromático y los selectores de color, la búsqueda de fotografías del organismo, su la definición de cada especie mediante género y especie y como los alumnos han procedido al desarrollo de esta investigación.

También es muy importante destacar como los hallazgos que van dándose pueden tener aciertos que motiven el avance de investigación pero al mismo tiempo el ejercicio de experimentación se puede ir depurando progresivamente por ejemplo en una parte de la depuración de estos ejercicios se descubrió que muy importante indicar el porcentaje del área de extensión en términos de porcentaje, desafortunadamente esta valoración se tiene que hacer de manera subjetiva pues aún no se han encontrado aplicaciones que den esta estadística con precisión, es decir no se han encontrados aplicaciones o programas que detecten qué porcentaje de color se usan cada fotografía

Se detectó que no solamente es importante balancear el área de cada color del color utilizado como han insistido en sus escritos todos los teóricos del color (Johannes Itten, Joseph Albers, Ostwald, etc.).

Como se ha mencionado los avances en los hallazgos de la investigación ha ido depurando el ejercicio. Por ejemplo, a partir de un ejercicio anterior en la dinámica de análisis del trabajo en clase se analizó la propuesta de trimestres anteriores del color de un Tucán se determinó en grupo que el *Ramphastus sulfuratus* tiene una repartición porcentual de áreas de color como sigue (son porcentajes aproximados) 60% de Negro, 15% de amarillo y 18% de amarillo cadmio) y se propuso que la aplicación al diseño use los mismos colores y los mismos porcentajes.

Tan importante como el porcentaje de manifestación de cada color, es las vecindades de los colores por ejemplo en el caso del tucán referido nunca se presenta que haya marcas, líneas o áreas blancas, sobre un fondo amarillo, es decir que el amarillo no se manifiesta vecindad con el blanco en esta cromática.

Finalmente es importante destacar que en muchas ocasiones los organismos vivos manifiestan sus colores en ciertos patrones de comportamiento particulares,

Ramphastos Sulfuratus

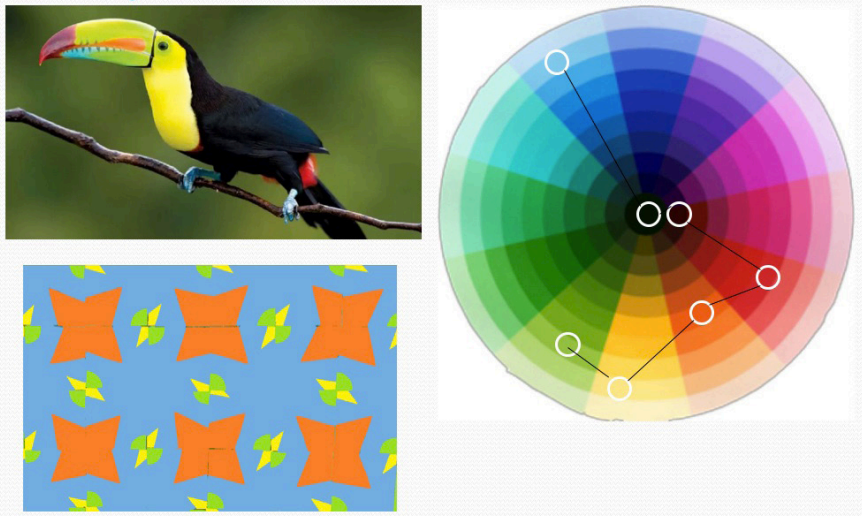


Imagen 2. Uno de los testimonios de registro y aplicación de las primeras versiones del mecanismo. Se incluye un trabajo de Lenguaje Básico (primer Trimestre) con un buen registro de colores, pero sin valorar el porcentaje de área de cada color y sin considerar la vecindad y omitir algunos colores.

Maratus karrie

20%	R: 26 G: 71 B: 68	3%	R: 152 G: 243 B: 200	15%	R: 228 G: 219 B: 210	15%	R: 84 G: 73 B: 71
25%	R: 69 G: 93 B: 155	2%	R: 110 G: 213 B: 104	10%	R: 191 G: 68 B: 0	10%	R: 10 G: 9 B: 5

Imagen 3. Diapositiva del ejercicio de valoración cromática de los organismos. Se muestra aquí una herramienta de última generación donde ya se han incluido el círculo cromático normalizado la ubicación del color en este caso en nomenclatura RGB y ejemplos. En este caso el equipo de alumnos propuso una variante novedosa y la alumna de la fotografía escogió en su guardarroba un vestuario que coincidiera en lo posible con los colores, los porcentajes y las vecindades de la muestra biomimética. Actualmente se trabaja en que los alumnos propongan un esquema o grafica simplificada en donde se reflejen porcentaje, vecindades y patrones del comportamiento del color.

por ejemplo; líneas, rombos líneas rectas, onduladas, discontinuas o líneas enfatizadas de espesor variable, etc. Y cuando se presentan estos casos y respetando las dos aseveraciones anteriores sobre el porcentaje del área de manifestación de color y la vecindad entre ellos, es importante destacar que también patrones de incidencia (líneas, puntos iguales o similares se puede hacer aplicándolos al diseño.

El diseño de los sistemas de comprobación de las hipótesis, las estrategias de observación, los filtros de procesamiento de la información, el marco teórico adecuado que permita el entendimiento de los fenómenos, así como la depuración del mismo proceso de a investigación y estudio de cada investigación debe ser adecuado y planificado de acuerdo a los objetivos de cada proyecto. En el caso de un estudio con aplicación a la docencia como el presente, debe considerarse cuidadosamente la participación de los estudiantes, la motivación y la disuasión de que los resultados y conocimientos generados producirán un beneficio práctico y el desarrollo de competencias adecuadas para el desempeño estudiantil y profesional.

Y esto se menciona en el sentido de que muchos teóricos del color fijan mucha atención en el porcentaje de color o área que cada color tiene en la propuesta de diseño.

Con todo esto tratamos enfatizar que para obtener resultados aplicables de una hipótesis de trabajo en la investigación, es indispensable diseñar una prueba factible de ser llevada a la realidad donde tal vez la precisión se pierda sin embargo los parámetros fundamentales deben de conservarse por ejemplo el hecho de que falle con un rango relativamente grande el porcentaje de aplicación de un color en una propuesta de diseño pues también no es un elemento grave puesto que las proporciones de aplicación de los colores en los organismos están cambiando no solamente de acuerdo a la edad del ser vivo sino por la vía de variabilidad misma que la naturaleza le impone a los seres vivos para ir realizando los objetivos de la evolución (la mutación, la deriva génica, el flujo génico y la selección natural)¹.

A través de múltiples experiencias el modelo de prueba y confirmación de las hipótesis de trabajos se va a ir depurando, de manera que los métodos de la investigación, sólo se puede mejorar mediante este ejercicio de puesta a prueba con medios prácticos y realizables.

La misma experimentación del modelo de prueba provoca que las hipótesis de trabajo se vayan depurando aún en el caso de que no se pueda anticipar el resultado de la prueba. En el caso de esta investigación hemos descubierto que al ir mejorando el ejercicio de los alumnos y solicitarles mayor atención algunos aspectos

no sólo los resultados son más evidentes y motivadores para los alumnos, sino que las competencias en el análisis y aplicación del color al diseño se incrementan y son claramente aplicables al ejercicio de su práctica estudiantil y profesional.

Los organismos en la naturaleza generalmente se manifiestan en su forma y color por alguna de estas dos opciones bajo y alto perfil, según sus condiciones de sobrevivencia pues en ocasiones quieren ser notorios y en otras pasar de alguna forma inadvertidos, aunque estos dos extremos tienen variantes curiosas

El problema de las imágenes bidimensionales y de los volúmenes del mundo tridimensional

La percepción de la mayoría de las propuestas de combinación cromáticas se valora mediante imágenes bidimensionales y esta apreciación (hecha desde una fotografía de internet, generalmente) desde un punto de vista particular y específico, sin embargo los organismos en la naturaleza son tridimensionales lo cual conlleva que cuando giran, despliegan sus alas y se mueven o giran, la apreciación del color para cualquier observador es cambiante, el porcentaje de color que aparecerá en una imagen de una vez depende generalmente de qué ángulo fue tomada la fotografía. Es claro que este aspecto se manifestará de la misma forma en propuestas de diseño tridimensionales como las propuestas arquitectónicas o de diseño industrial, pero tendrá especificaciones diferentes en aplicaciones bidimensionales como las de diseño gráfico.

Aproximaciones a la aplicación de los colores de los organismos en la naturaleza al diseño.

Son muy contados los diseñadores que han buscado copiar o bien inspirarse en las cromáticas de los organismos al diseño gráfico, al diseño industrial o a la arquitectura, de una manera sistematizada. Desde luego los estudios de Georgy Doczi en su libro *El Poder de los Límites* o Matila Gika en su libro "Las proporciones de la Naturaleza en el Arte" que lo han hecho desde una perspectiva más sistemática y científica.

También es común mencionar que los diseñadores de modas se han hecho uso de las teorías clásicas para la aplicación de esas combinaciones cromáticas en sus diseños. Por ejemplo, combinación cromática que habla de la equidistancia en el círculo cromático que incluye las triadas, tétrada, triadas complementaria, etc. cómo puede mostrarse a continuación.

En el campo de la moda se han detectado otro tipo de aproximación y hay varios ejemplos de estos intentos, podríamos decir que es una aproximación empírica, a falta de una base teórica fundamentada. El proceder

1.Fuente: <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia/unidad3/mutaciones/factoresdeevolucion>

Cromáticas biomiméticas. El color en la naturaleza

metodológico al que generalmente han recurrido es el echo es copiar específicamente los colores de un determinado organismo, al hacerlo incluso se han seguido los porcentajes los patrones de comportamiento de las formas y patrones del color demostrando que esto es un método factible se muestra en esta investigación varios ejemplos de estas aproximaciones hechas por diseñadores de la moda.

Los diseñadores de modas ante la gran productividad de diseños que tienen que confrontar (baste mencionar que cada año suelen presentar de dos a cuatro colecciones de modas por temporada) pueden darse el lujo de experimentar con combinaciones cromáticas diferentes, incluso en la definición de sus estilos ellos tienen que marcar una pauta que les permite distinguirse entre otros diseñadores.

El caso de estos diseñadores de modas que han optado por hacer una transferencia directa de los colores de organismos naturales incluyendo la forma de los patrones de aplicación, áreas de aplicación de cada color e incluso la forma misma, demuestran un intento metodológico válido que puede ser digno de análisis para otras áreas del diseño.

Barrido tonal cromático

Algunos de los procedimientos más reveladores de los hallazgos de esta investigación se han hecho con el uso de las herramientas digitales que a continuación se describen en su procedimiento:

Se carga una imagen de un organismo mostrando su colorido, se selecciona con la herramienta denominada “Varita Mágica” o la herramienta de “Selección Rápida” eligiendo exclusivamente los colores del organismo (excluyendo los píxeles del entorno), se procede entonces a cambiar su tonalidad virando los colores con el comando; Imagen/Ajustes/Tono-Saturación y recorriendo el control de tono a la izquierda o derecha y se modificaron solo los colores del colorido del organismo. Con esto el tono del conjunto seleccionado aumenta o disminuye proporcionalmente la frecuencia de ondas electromagnéticas de forma uniforme.

Con esta modificación tonal se ha experimentado si se mantiene la armonía en combinaciones cromáticas de los colores análogos, en las combinaciones equidistantes del círculo cromático y las cromáticas biomiméticas evidenciando varios hallazgos que se describen más adelante.

Rotar equidistante en el círculo cromático la prueba seis moviendo en ambos casos la tonalidad en el caso de las triadas se mantiene la armonía en el caso de los colores de los organismos queda pendiente hacer el análisis estadístico para comprobar estas aseveraciones, pero la mayoría de las personas con sus aves coinciden con esta apreciación



Imagen 4. Aproximación intuitiva en diseño de modas donde los colores se trasladan directamente del modelo orgánico original.

Se procedió entonces hacer la experimentación con dos postulados clásicos de las armonías cromáticas; los colores análogos es decir los vecinos de círculo cromático y la separación es equidistantes triadas y tétradas, así como los colores complementarios que son los opuestos. En la imagen 5, se aplicó el barrido a un ejercicio que usó una triada de colores primarios y la armonía se mantuvo, pero solo hasta alcanzar el tono secundario lo que insinúa la necesidad de afinar o entonar el color pues en este caso como otros ya probados se puede caer en la disonancia.

En la ponencia del autor de 2017 se demuestra con ejemplos de una colección del diseñador de modas

para comprobar que se mantienen sin problema la denominada armonía cromática y aunque a la fecha no se han hecho demostraciones estadísticas los resultados preliminares evidencian que en estos casos para la percepción humana se mantiene esa concordancia.

En la imagen 6, se muestra las fotografías de barrido tonal del pez coralino llamado Ángel emperador y se aprecia como en la se muestran los majestuosos colores del organismo que le dan su fastuoso nombre en su colorido real de la primera foto y las dos siguientes demuestran como la armonía se rompe evidentemente al girar la frecuencia de ondas electromagnéticas que definen los colores, en clase se pide la opinión de este fenómeno y la respuesta es siempre generalizada y patente. Ocurre entonces una disonancia.

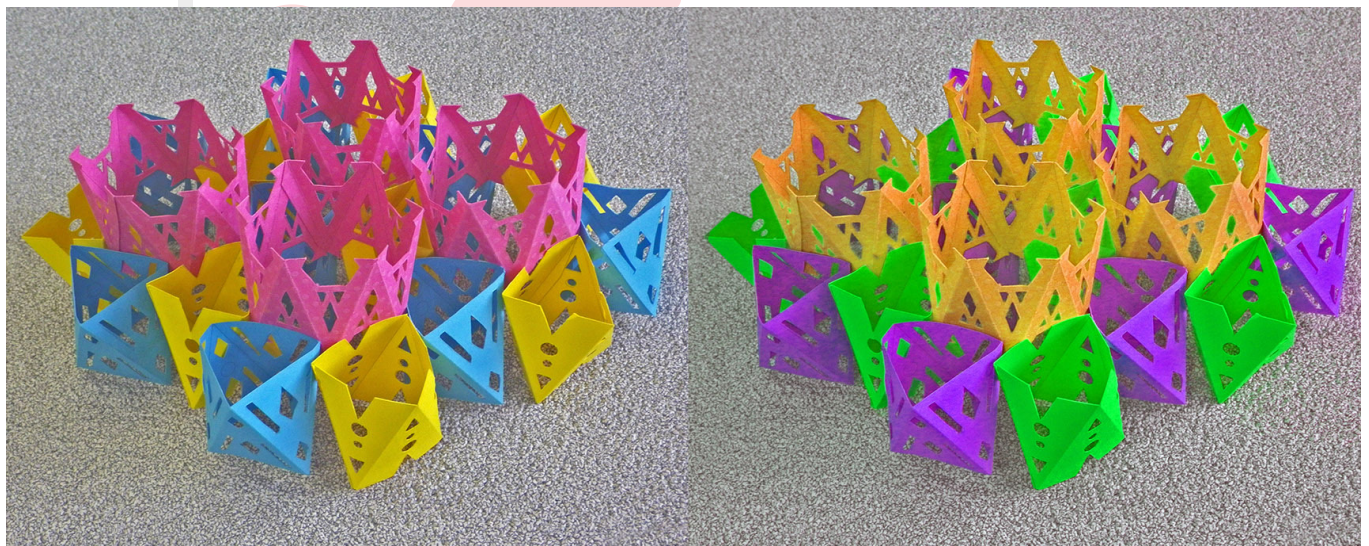


Imagen 5.- Trabajo de ritmo tridimensional de la UEA Sistemas de Diseño. A la derecha el trabajo realizado originalmente con colores primarios y proponiendo una triada regular y a la izquierda su manipulación digital para convertirlo en colores secundarios también en triada regular. Pero el barrido tonal evidenció que los colores deben estar entonados para mantener su armonía. En el cuerpo del texto se explica esto a detalle.



Imagen 6.- Tres imágenes del colorido del pez de los mares coralino conocido como Ángel Emperador (*Pomacanthus imperator*) nativa de los océanos del Indopacífico y mar rojo y cuya fotografía se manipuló en Photoshop en Barrido Tonal Cromático.

Cromáticas biomiméticas. El color en la naturaleza

En la ponencia de 2017 se demuestra con el ejemplo del barrido tonal de una rana amazónica *Dendrobates leucolema*, como los animales de colores miméticos suelen manifestarse en coincidencia el principio de Johannes Itten de los colores análogos (vecinos del círculo cromático) y este procedimiento soportan el mantenimiento de la armonía con un barrido de colores.

El análisis de la percepción humana se enfrenta con múltiples dificultades para la distinción a cerca de la causa que los colores produzcan un efecto particular, pues el aspecto cultural es uno factor determinante, es decir que no es posible soslayar que al ver una propuesta de una combinación de colores particular es resultado de nuestra educación cultural.

Conclusiones

Aunque no se han descubierto principios o reglas del comportamiento del color en los organismos, si se han hecho importantes avances en los métodos de transferir los grupos de colores para ser aplicados al diseño que incluyen las áreas de aplicación de color; la importancia de los porcentajes de áreas de color, las normas de vecindad y los patrones de comportamiento que indican una fiel transferencia y la persistencia de la armonía del color.

Dada la trayectoria de esta investigación, los cientos de casos experimentales y comprobados con la opinión de alumnos, donde los colores de organismos resultan en combinaciones armónicas, queda patentemente evidenciado que en la naturaleza hay una enorme diversidad de especies y combinaciones de colores que se presenta, la posibilidad de aplicar cromáticas biomiméticas diversifica enormemente las combinaciones de colores accesibles a diseñadores y artistas, y se han registrado muchas coincidencias cromáticas en organismos no emparentados filogénicamente. Se manifiestan combinaciones cromáticas para múltiples situaciones diferentes; combinaciones sobrias, de bajo perfil, conspicuas, emblemáticas, etc.

Cada vez mas se evidencia las analogías que hay entre las armonías cromáticas y las armonías musicales y las propuestas de armonía formal (es la ciudad de las proporciones áureas y rectángulos armónicos). Así mismo se empieza a analizar la hipótesis de la “entonación del color” es decir, que, así como un guitarrista afinan los tonos de sus cuerdas. Parece ser que para hacer propuestas armónicas de color se debe buscar referencias de los tonos los colores primarios y secundarios, aunque tal vez no necesariamente en su máxima saturación.

Si en la ponencia de 2017 se proponía que el color adquiere una función de identificación de especie que les permite a los organismos evitar la hibridación, es factible trasladar este principio y afirmar que las cromáticas biomiméticas se puedan asociar a identidades humanas de manera que como de hecho hay organismos emblemáticos de regiones y países como el quetzal de Guatemala, el ave Trogón tocororolas o las polimitas de Cuba, la rana verde de ojos rojos (*Agalychnis callidryas*) de Costa Rica, El pavo Real (*Pavo cristatus*) de la India, etc., se pueda dar carácter de representación de grupos humanos a ciertas cromáticas biomiméticas en las aplicaciones de diseño.

Realizar investigaciones cromáticas con las herramientas y recursos de la tecnología digital habilita a que los alumnos desarrollen sensibilidad sobre las manifestaciones combinatorias del color en la naturaleza de manera convincente y que utilicen estas combinaciones en sus propias propuestas de diseño.

Bibliografía

- Caivano, J. L. (2004). Armonías del color. *Gac*, 19, 2–21.
- Cervantes Baqué, A. A. (2017). Cromáticas Biomiméticas, Los Colores de la Naturaleza para el Diseño. M.A.V. Adolfo Alberto Cervantes Baqué. IX Congreso Internacional de Diseño de La Habana Forma 2017, 1–13.
- Cervantes Baqué, A. A., & Baqu, C. (2019). Cromáticas Biomiméticas un Modelo de Investigación con Participación de Alumnos y su aplicación al aprendizaje de la teoría del color. IX Congreso Internacional de Diseño de La Habana Forma 2017, 1–11.
- Edwards, B. (2019). *El Color, Un método para dominar el arte de combinar los colores (Vol. 1)*.
- Endler, J. A. (2006). *Disruptive and cryptic coloration. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3650>
- Itten, J. (1975). Johannes “El Arte del Color”. Pag. 14.
- Kaya, N., & Epps, H. H. (2004). *Relationship between Color and Emotion: A Study of College Students. College Student J*, 38(3), 396–405. Retrieved from <https://nzdis.org/projects/attachments/299/colorassociation-students.pdf>
- Kemp, D. J., Herberstein, M. E., Fleishman, L. J., Endler, J. A., Bennett, A. T. D., Dyer, A. G., ... Whiting, M. J. (2015). *An Integrative Framework for the Appraisal of Coloration in Nature. The American Naturalist*, 185(6), 705–724. <https://doi.org/10.1086/681021>
- Monje Álvarez, C. A. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica. Universidad Surcolombiana, 1–217. Retrieved from <http://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Guía+didáctica+Metodología+de+la+investigación.pdf>
- Johnsen, S. 2012. “*A biologist’s guide to light in nature*”. Princeton University Press, Princeton, NJ. Judd

Del Autor

Formación Académica

- EMS.- Educación primaria, secundaria y preparatoria. Cursada en el Colegio Tepeyac.
- Licenciatura en Diseño Industrial. Cursada en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. 1974-1978 (primera generación).
- Maestría en Artes Visuales.- E.N.A.P., U.N.A.M. Academia de San Carlos Especialidad en Escultura.
- Idiomas: inglés y alemán.

Labor docente y académica

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (Av. San Pablo # 182. Col. Reynosa). Materias que domina y ha impartido: Dibujo de imitación y técnicas de ilustración; Dibujo en perspectiva cónica; Dibujo Técnico mecánico (digital y en técnicas tradicionales); Aerógrafo; Ilustración para Diseño Industrial y Gráfico; Geometría Descriptiva; Perspectiva Arquitectónica; Tecnologías de materiales: Polímeros y madera; Principios Básicos de Diseño Bidimensional y Tridimensional; Medios Digitales y principios Básicos de Diseño.

Trabajos sobre investigación

Durante mas de 10 años coordinador del grupo de investigación departamental **Materiales y Medios Educativos**. Ha organizado diversos talleres para que padres de familia y maestros de educación especial reproduzcan juguetes para la rehabilitación en Londres, Inglaterra. Lisone, Italia, y en coordinación con la SEP en la Ciudad de México. Actualmente profesor investigador del grupo “**El Dibujo: Creación y Enseñanza**”. Actualmente trabaja sobre las investigaciones **Cromáticas Biomiméticas y El Dibujo de la Figura Humana como primera aproximación Antropométrica y Ergonómica, Escenarios de Diseño**.

Exposiciones Artísticas

- Ha realizado exposiciones de escultura en bronce, cerámica y piedra (ónix, mármol y granito) así como pintura de en Alemania y en la Ciudad de México en la Academia de San Carlos, en la Galería Metropolitana, en La Casa del Tiempo y diversas galerías privadas e institucionales.
- Representante por México en el concurso internacional de Escultura en Nieve en Quebec (invierno de 2007).
- También ha presentado exposiciones sobre diseño de juguetes en México y en el extranjero en Düsseldorf, Alemania, en Londres, Inglaterra, en Lisone, Italia.

Docencia fuera de UAM

- Profesor invitado en la “International Akademie für Kunst und Gestaltung” Hamburgo, Alemania. 1989.
- Ha impartido cursos en Instituto Tecnológico de Monterrey, Campus Estado de México (2007-2008).