

CROMÁTICAS BIOMIMÉTICAS, EL COLOR EN LA NATURALEZA Y SU APLICACIÓN AL DISEÑO.

BIOMIMETIC CHROMATICS, COLOR IN NATURE AND ITS APPLICATION TO DESIGN

MSc. Adolfo Alberto Cervantes Baqué

Email: acbaque@yahoo.com

ORCID: 0000-0002-5130-5475

Universidad Autónoma Metropolitana

México

Autor para la correspondencia

RESUMEN

El presente artículo es el resultado de una investigación vinculada a la docencia y a la enseñanza de los principios básicos de diseño en la educación de alumnos de los primeros dos trimestres de las carreras de diseño de UAM-A.

A partir de la observación de cómo el color se manifiesta en los organismos, estas propuestas cromáticas pueden ser alternativas que resultan agradables para la percepción humana.

Al realizar un análisis y aplicación correcta el diseñador adquiere una muy amplia gama para diversificar los criterios de aplicación cromática en sus proyectos, trátase de proyectos arquitectónicos, de diseño industrial, gráfico, diseño de interiores y de vestuario etc.

ABSTRACT

This article is the result of a research linked to teaching of the basic principles of design in the education of students in the first two first three months academic periods of UAM-A design careers.

From the observation of how color manifests itself in living organisms, these chromatic proposals are alternatives that are pleasant for human perception.

By carrying out an analysis and correct application, the designer acquires a very wide range to diversify the criteria of chromatic application in his projects, be it architectural projects of industrial or graphic design, interior and wardrobe design etc.

Palabras claves:

Armonía cromática,
Aplicación del color,
Criterios cromáticos

Keywords:

Chromatic harmony,
Color application,
Color criteria

Fecha Recibido:

15 / 05 / 2021

Fecha Aceptación:

12 / 06 / 2021

Fecha Publicación:

09 / 07 / 2021

INTRODUCCIÓN

Si entendemos la naturaleza como el conjunto de fenómenos relacionados con la vida en la Tierra, podemos percibirla como una identidad independiente y capaz de generar diversos resultados en los organismos vinculados a sus procesos de desarrollo, sobrevivencia, reproducción, etc.

Podemos conceptualizar la naturaleza como un conjunto de fenómenos particulares que dan sustento a la vida y que tienen efectos en la manifestación de la forma, el color y la textura de los organismos, categorías perceptibles por el ser humano que pueden evaluarse, buscando patrones de comportamiento identificables y reconocibles.

En este contexto, se entiende que el color es un fenómeno que tiene una trascendencia en todos los organismos y está por lógica vinculado a la supervivencia, a la lucha por la vida, a la reproducción y permanencia de la vida en nuestro planeta.

Desde la perspectiva de los biólogos se han clasificado diversos comportamientos característicos y distintivos en los organismos. Son todos fenómenos complejos que se manifiestan con variaciones en los diversos seres vivos. Está por un lado el mimetismo que no sólo incluye la cripsis, que es el ocultamiento de los organismos al imitar los colores de su entorno, y está también el mimetismo batesiano por el cual dos o más especies son similares en apariencia, pero sólo una de ellas está armada con mecanismos de defensa reales frente a los depredadores (espinas, aguijones, ingredientes tóxicos o sabor desagradable), mientras que otros organismos sólo imitan forma, color y textura, pero carece de estos rasgos peligrosos realmente. (Cuthill et al., 2017).

“La coloración media la relación entre un organismo y su entorno en formas importantes, incluida la señalización social, las defensas antidepredadores, la explotación parasitaria, termorregulación y protección contra la luz ultravioleta, los microbios y la abrasión” (Cuthill et al., 2017, Pág2).

Un ejemplo de este fenómeno es el conjunto de especies de serpientes coralillo (muy venenosas) y otras especies que emulan su colorido, pero son inocuas.

Por otro lado en el mimetismo Mülleriense algunas especies inocuas emulan el colorido y forma de especies mayores para protegerse por esta emulación de forma y color (Merilaita & Ruxton, 2007). Muchas especies de palomillas emulan la forma de caras de búhos y lechuzas en este fenómeno.

En Biología hay varias interpretaciones de identificar el color críptico de los organismos, una de ellas Endler lo menciona como el tener un colorido semejante al entorno (Endler 1981). Y también lo dice de manera similar al mencionar que las presas crípticas se asemejan a muestras aleatorias del fondo visual (Endler 1978, 1981, 1984). Entonces tenemos aquí el bajo perfil u ocultamiento, aplicable al uso en diseño de objetos que pretendan integrarse a su ambiente como por ejemplo el caso de bancas de descanso en parques que pueden tener un color mimético o de bajo perfil para evitar la utilización de tonos disonantes.

Algunas especies mantienen la estrategia totalmente opuesta de portar colores notorios, es decir un alto perfil en el colorido de los organismos que es conocido como aposematismo en el mundo biológico. El propósito aquí sería advertir toxicidad o la posesión de veneno. Las presas de colores disruptivos contienen algunos elementos de patrón muy conspicuos y llamativos. Estas gamas cromáticas se pueden aplicar a diseños que destaquen (por ejemplo en el control de apagado de maquinaria). Los elementos llamativos distraen la atención del depredador y rompen el contorno del cuerpo, dificultando la detección de la presa (Cuthill et al., 2005).

De esta forma tenemos dos alternativas ejemplares de la naturaleza; el alto perfil obtenido del concepto biológico del aposematismo y el bajo perfil de la cripsis.

La biónica y la Biomimesis son dos disciplinas con gran coincidencia en sus objetivos que se pueden sintetizar en el aprovechamiento de millones de años de prueba y error de la naturaleza a través del proceso de la evolución al enfrentar el cambiante y agresivo entorno para obtener aciertos de sobrevivencia, aplicables al diseño y la ingeniería. Los aciertos al color deberían ser criterios aprovechables también aplicables al diseño.

También tendríamos otras variantes en donde el color como un factor importante en la identidad de especie, fenómeno en el cual colores distintivos evitan que especies filogénicamente relacionadas hibriden (en la Imagen 1. se cita un ejemplo). Dos especies cercanas en evolución pueden cruzarse y generar en algunos casos resultados asexuados y en lugar de buscarse la afirmación de los rasgos genéticos de cada especie como resultado de su adaptación al ambiente se puedan generar hibridaciones no deseables.

Muchas otras funciones del color se manifiestan en la naturaleza con nombres diferentes, pero independientemente de las funciones específicas que el color tenga en la biología, el autor ha decidido concentrarse en tres funciones para que tengan aplicación al diseño.

Coloraciones de alto perfil, coloraciones de bajo perfil y coloración de distinción emblemática.



Imagen 1.- Esta serie de fotografías (reunida por el autor a partir de varias fuentes de Internet) de peces coralinos de la familia Pomacanthidae son especies muy cercanas desde el punto de vista taxonómico. De izquierda a derecha se trata de Pomacanthus asfur (Ángel Árabe), P. imperator (Ángel emperador) P. Semicirculatus, Euxiphipops (Ángel Korán), Euxiphipops Navarkus (Ángel Regal) y E. Xanthometaphon (Ángel Cara Azul). En la parte superior están las imágenes de los organismos juveniles y en la parte inferior la librea o colorido cuando son adultos. En su etapa juvenil estos peces tienen

innumerables predadores y adoptan una coloración críptica y al crecer y empezar a reproducirse cambian a una coloración distintiva, notoria y de identificación de su especie que le proporciona una identidad a cada especie, para evitar las eventuales hibridaciones.

EL COLOR ESTRUCTURAL.

Cabe destacar que “Las investigaciones recientes afirman que la mayoría de los animales perciben el color de manera diferente a como lo hacen los humanos” (Endler 1990; Bennett 1994). La morfología de los receptores del color es también disímula, variada y específica para algunas especies de seres vivos, infiriéndose que tiene que ver con las condicionantes de vida de cada organismo. Se afirma por ejemplo, que las abejas son capaces de distinguir el color ultravioleta, imperceptible para el ser humano.

El color en la naturaleza tiene manifestaciones particulares que muchas veces no están definidos solamente por un pigmento, sino que también es común que son el resultado de reflejos, difracciones de estructuras cristalinas, (propias de escamas o plumas u otras microestructuras) son colores generalmente iridiscentes que si bien pueden analizarse en fotografías, causan que el color varíe según el ángulo desde donde es observado aunado al índice de incidencia y refracción de estos cristales muchas veces coloidales. (Sun, Bhushan, & Tong, 2013). Los colores iridiscentes son más atractivos y se usan como atrayentes sexuales en los organismos.

Son múltiples las estrategias que la naturaleza utiliza en las que el color tiene un papel fundamental. Tal vez el más claro ejemplo es el del falso ocelo situación en la cual varias especies de peces tienen una mancha en forma de un ojo falso ubicado en la parte posterior del cuerpo. Cuando el predador ataca esa parte pensando que la presa avanzará en una dirección, en realidad el pez huye en sentido contrario y el atacante pierde la oportunidad de atrapar a su presa. Por ejemplo está el caso del pez Grama loreto y varios peces damisela en los que, además del falso ocelo, el color del ojo real se mimetiza con una franja de color.

Tradicionalmente el color en el arte y en el diseño se ha ligado exclusivamente a los aspectos estéticos formales, independiente de reconocerse que hay aspectos psicológicos, culturales y de diversas índoles implicados en su utilización en cualquier obra. Si analizamos la función del color en los organismos naturales encontraremos que el color tiene funciones específicas generalmente ligadas a la sobrevivencia y reproducción de los organismos.

En el aspecto del diseño, Johannes Itten afirmaba que *“Generalmente, los profanos consideran como armoniosas las combinaciones de colores que ofrecen un carácter análogo o que agrupan varios colores del mismo valor. Se trata de colores que son reunidos sin contraste muy marcado. En general, los términos “armonioso”, “no armonioso”, sólo conciernen a las sensaciones “agradable”, “desagradable” o “simpática”, “antipática”. Tales juicios únicamente expresan opiniones personales y no ofrecen gran valor objetivo. La noción de armonía de los colores debe liberarse del condicionamiento subjetivo - gustos, impresiones- y constituirse como ley objetiva. Armonía*

significa equilibrio, simetría de fuerzas. La consideración de los procesos fisiológicos que se manifiestan en las percepciones coloreadas, nos acerca a la solución”. (Itten_Johannes_The_Elements_of_Color, Pág. 12)

El autor, en coincidencia con estas funciones orgánicas propone que haya una vinculación a las aplicaciones al diseño, entre el alto o bajo perfil, según sea el uso de los objetos, espacios y mensajes en diseño. En el diseño hay situaciones en las que conviene que una propuesta tenga un color de bajo perfil con relación a su ambiente o entorno de ubicación y en otras situaciones se debe optar por colores de alto perfil, que adviertan del peligro o simplemente se hagan notar.

Finalmente es posible que el diseñador proponga una asociación del color con las eventuales identidades sociales de diferentes grupos de personas. (ver Figura 2.)

De manera similar a esta identidad de especie que es usada por algunos organismos, el autor propone el hecho de que exista una relación color-identidad y que el color se convierta también en un medio de representación social, es decir que para cada región del mundo puedan existir animales distintivos de esa región y que se transformen en animales emblemáticos de dicha región y de esta manera el color puede ser un identificativo de grupo social.

El color es un elemento que proporciona mucha identidad esta el rojo para los republicanos y el azul para los demócratas en Estados Unidos.

El caso de los aficionados a los diversos equipos deportivos que adquieren una afiliación social a sus preferencias para ese equipo a través de una cromática particular que les da identidad basados en ciertos elementos formales y desde luego en colores particulares de forma que junto con los logotipos o marcas gráficas que pueden o no tener representación a organismos identificativos no necesariamente que sean distintivos de una determinada región.

Uno de principales hallazgos de esta investigación es que es de suma importancia afirmar que no son sólo los colores de los organismos y aplicarlos al diseño. Es igualmente trascendente que los colores se ubiquen con los mismos porcentajes de área de aplicación así como fundamental es la vecindad de los colores por las leyes de contraste simultaneo y finalmente en muchos organismos se presentan patrones de distribución que es muy importante considerar e la emulación cromática.

El químico francés Michel-Eugène Chevreul estableció en 1839 las leyes del contraste simultaneo conocimientos que fueron de gran interés para los estudios de Joseph Albers.

“El tono de dos piezas de color parece más diferente cuando se observan yuxtapuestas que cuando se observan separadamente, sobre un fondo neutro común.”(Kinoshita Shuichi, 2008).

Esta ley de percepción del color es un factor sumamente trascendente en los colores de la naturaleza. En realidad las investigaciones afirman que la percepción de color cambia según la vecindad del color adyacente y se citan ejemplos, pero no se afirma el propósito de cada combinación ni de que forma este cambio resulta armónico o mejora la percepción del color. El

autor afirma que mediante el proceso de evolución de las especies ese balance gran medida tiene que ver el área que cubren los colores involucrados y la se va logrando un proceso de balance armónico en los fenómenos vinculados a los colores biomiméticos que tiene que analizarse mediante mecanismos de evaluación objetiva.

“Si se ven al mismo tiempo dos zonas de diferente luminosidad pero del mismo matiz, o de la misma luminosidad pero de diferente matiz, en yuxtaposición, es decir, contiguas la una a la otra, el ojo observara (siempre que las zonas no sean demasiado extensas) modificaciones que en el primer caso afectan a la intensidad del color y en el segundo a la composición óptica de los dos colores yuxtapuestos”.(Rudolf Arnhem, 1954, Pag 367).

Podemos con precaución trasladar algunas funciones biológicas del color a usos prácticos del diseño, en el ámbito de la identidad de especie podríamos aplicar los colores distintivos de una especie al contexto de la identidad de grupos humanos identificados con su vinculación a su zona regional sea por enlace de identidad o simplemente empatía.

Regiones que se distinguen por sus colores y en algunos casos puede tener la traslación de elementos de diseño y compartir una identidad de grupo social. Un caso así sería el quetzal de Guatemala o el águila calva de los EU. En la imagen 2. se propone un caso.

El autor propone la existencia de qué la combinación de colores de ciertos organismos puede convertirse en un medio de identidad social común, es decir que para cada región del mundo pueda haber organismos vivos distintivos a esa región con colores característicos que pueden convertirse en animales representativos de dicha región y de esta manera el color puede ser un identificativo de los grupos sociales y el diseñador podría convertirse en el catalizador de este proceso.

Un caso representativo por ejemplo de la identidad de un país lo podríamos mencionar con el caso del trogón o tocororo (*Priotelus temnurus*) que tiene en su gama cromática los mismos colores de la bandera de Cuba y de esta manera se reafirman aspectos vinculados a la misma identidad nacional a través de colores de una ave distintiva.

La creación de esta identidad puede fomentarse a través del papel del diseñador al aplicar a cualquier proyecto creativo criterios cromáticos biomiméticos y lograr un enlace entre grupos sociales con identidad reforzada a través de su coincidencia con el colorido de animales distintivos de la zona.



Imagen 2.- A la derecha se ilustra una fotografía de una de las aves emblemáticas de la isla de Haití llamada trogón de la española (*Priotelus roseigaster*) y a la izquierda arriba se ilustra el tenis de la marca Adidas modelo Harder en sus colores originales y en la parte inferior se ubica una modificación o manipulación digital hecha por el autor de este mismo zapato tenis pero ahora manipulando y aplicando los colores del ave tratando de coincidir el cuanto al porcentaje de áreas de aplicación y su vecindad cromática.

Los objetivos pueden justificarse en términos comerciales o como constitución de una real identidad. Se refuerza entonces valores como representatividad y respeto a las especies animales de la zona.

DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Los hallazgos de la investigación se han ido presentándose en secuencia cronológica, llegando paulatinamente a mejor nivel de aplicación de los colores de la naturaleza.

Esta investigación se propuso desde un principio con una estrecha relación a la enseñanza del color en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco de manera que los alumnos de diseño tuvieron la oportunidad de participar en el análisis de los elementos cromáticos de los organismos y la experimentación de su aplicación a varios casos de diseño y así lograr el enriquecimiento las hipótesis de trabajo y los hallazgos del conocimiento.

La utilización de un círculo cromático normalizado a partir de los colores que resultaban en el método de la teoría pigmento CMYK (se escogió este esquema para facilitar a los alumnos poder combinar los colores utilizando pigmentos para pintar directamente sus diseños igualando los porcentajes de cada color primario.

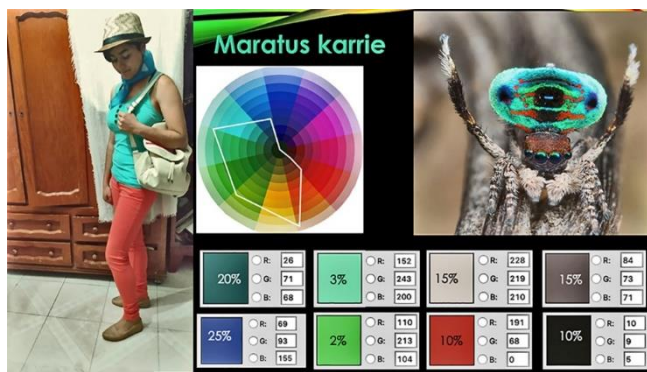


Imagen 3.- Aquí se muestra una de las diapositivas de los trabajos realizados por una de las alumnas (Edth Peñañiel Hernández), en 2019 en donde aparece el círculo cromático normalizado la búsqueda de la posible coincidencia en alguna de las propuestas de los teóricos del color la codificación del color (en este caso utilizando el código RGB) el organismo que se trataba de armonizar que era un arácnido y el vestuario de la alumna coincidiendo tratando de lograr la misma cromática.

La muestra de color se toma directamente de las fotos utilizando el colector de colores de Adobe Photoshop y en otros programas (herramienta que se representa con un gotero) permitiendo la detección precisa y codificada de colores con una herramienta accesible a los diseñadores.

Al proponer el Círculo Cromático como instrumento de evaluación se pretendía encontrar factibles coincidencias con alguna de las diversas teorías de armonización que proponen los teóricos del color como Johannes Itten y Joseph Albers, es decir la incidencia factible de colores análogos (vecinos en el Círculo cromático) o equidistancias (triadas y tetradas). Se analizaron también los colores estacionales, colores otoñales, colores preferidos por los infantes y otros criterios de elección cromática manejados en diseño.

La propuesta era que los alumnos realizarán equipos de trabajo de entre 5 a 6 integrantes, para el análisis cromático de los organismos de taxonomía común es decir por ejemplo; aves, insectos, flores de una región, o bien peces coralinos o del lago Tanganica, nudibraquios, reptiles, etc.

Una vez localizados los colores se codifican. En todo momento se solicitaba que las imágenes fueran fotografías seleccionada por su buena calidad y en buenas condiciones lumínicas. Para la ubicación correcta de las especies siempre se pedía que se optara por utilizar el nombre científico iniciando por el género, seguido por la especie.

La búsqueda de los organismos se hacía a través de internet y con la herramienta del buscador de Google este recurso es muy eficiente y se suelen encontrar cientos de imágenes por cada organismo. Eventualmente hay variantes que se dan en el caso de las subespecies de cada región.

Codificación del color. Otra parte importante del mecanismo de análisis del color es la codificación, dentro de los diversos esquemas se seleccionaron los de mas uso (RGB, CMYK, cianlab o árbol de colores de Munsell, los códigos de Pantone, etc.) esto

permite a los alumnos familiarizarse con estas codificaciones y su utilización en el ámbito digital (algunos se definen por porcentaje, otros en base de 0 a 255 es decir en código hexadecimal).

ETAPAS DE AVANCE DE LA INVESTIGACIÓN.

La única coincidencia encontrada con las propuestas de los grandes teóricos del diseño encontrada fue el patrón de colores análogos otoñales en el caso de organismos miméticos específicamente en combinaciones de colores ocres oscuros emulando hojas secas y marchitas, gamas cromáticas otoñales (Archetti, 2009).

Desde el principio de la investigación se proponía que los alumnos cambiaran los colores originales de un trabajo de diseño previamente realizada con el tema de principios básicos de diseño por los colores de organismos y se replantearan con la cromática del organismo analizado. En algunos casos son trabajos sencillos como rellenar los polígonos de una retícula regular geométrica, un trabajo de módulo, parón o bien un trabajo de ritmo bidimensional. El color se cambiaba volviendo a pintar con los nuevos colores o haciendo una manipulación digital para replantear la nueva cromática biomimética.

En este caso se inicia por reconocer combinaciones novedosas y que no coinciden con criterios convencionales.



Imagen 5.- En esta fotografía se ilustra un pez corralino denominado Pygoplites diacantus (pez Angel Real). A la derecha se ilustra con sus colores naturales y al centro y a la izquierda con los tonos manipulados con el control de tonos del programa Photoshop mostrando como sobre todo en la ilustración de la derecha se pierde la armonía y en las evaluaciones que se hace ante el grupo se considera que de repente se produce una disonancia cromática como los mismos alumnos la han dado en llamar.

En algunos casos los alumnos buscaron las coincidencias de los mismos colores en casos de diseño en internet y aparecieron datos interesantes.

Aparecían coincidencias sobretodo en el caso del colorido de diseño de modas y diseño de interiores, propuesta por diseñadores de manera intuitiva es decir que nunca existió un registro claro por el cual el diseñador había hecho la propuesta de la combinación cromática no a través de emular los colores de la naturaleza sino más bien se trataba de combinaciones y coincidencias intuitivas.

También en este proceso se encontraron diseñadores de modas que si aplicaban los criterios cromáticos que coincidían con los que proponen los teóricos del color como los análogos, las triadas y tetradas lo cual sirvió para que el autor comprobara la validez de que las triadas y tetradas son válidas al barrer los colores con los comandos de tono (ver Imagen 6).

ARMONÍA Y DISONANCIA CROMÁTICA. "ROTANDO EL CÍRCULO CROMÁTICO".

Entre los controles de color de muchos programas digitales existe la posibilidad de alterar el tono general de los colores de manera similar a cuando se desplaza el control de tono de algunas televisiones y entonces todos los colores seleccionados de la imagen se barren hacia a derecha o la izquierda del círculo cromático.



Imagen 6.- A la derecha 3 diseños de moda donde el diseñador Jan Paul Gaultier quien aplicó el precepto de colores equidistantes en el Círculo Cromático y a la derecha se recorrieron los colores con el control de tono de Photoshop y se mantiene la armonía cromática y se conserva la triada de colores.

Previamente seleccionada la zona de la figura 6.- y dejando intacto el fondo se hizo esta experimentación con colores a los cuales se les había aplicado un criterio cromático propuesto por Johannes Ittem de triadas y tétradas cómo se ilustra en la figura

Se apreció que en lo general, al mantenerse una equidistancia de los tonos en el círculo cromático, la armonía se mantenía y aunque cambiaban totalmente la combinación, el resultado final era armónico. Este mismo proceso se ha hecho con los colores de diversos organismos como se marca en la figura 6.- estos mismos barridos de tonos y presentar a grupos nutridos de alumnos los colores pierden armonía y acontece lo que los alumnos denominaron disonancias o rupturas en la armonía cromática de manera análoga a cuando un cantante o el instrumento de un músico producen una disonancia o acordes fallidos. En el estudio de "El poder de los Límites" Georgy Doczi señala la estrecha relación entre el color y la música en los criterios de compases armónicos vinculados a la serie de Fibonacci (Doczi, 2004, Pág 50).

"Para Ostwald sólo 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) Pág3.

Se eliminaron prácticamente las incidencias detectadas como triadas y tetradas en la naturaleza, cualquier combinación equidistante del círculo cromático.

El factor de los colores vecinos produce efectos de percepción diferente en condiciones de combinación simultanea se destaca por lo importante que es la vecindad periférica de los colores y la

armonía de colores se dá en un contexto de la percepción de las agrupaciones cromaticas como un conjunto.

En las cromáticas biomiméticas aparece como un fundamental elemento los bordes perimetrales denominados en inglés *outlines* así como la incidencia de elementos básicos cómo puntos (no siempre circulares, líneas continuas y líneas enfatizadas). Retículas regulares e irregulares, la aparición de ritmos de puntos. También suelen aparecer patrones distintivos de la manifestación de las formas orgánicas como reticulares alveolares, patrones radiolarios. De forma continua muchos de estos elementos de diseño básico interactúan a manera de patrones y cabe destacar que dentro de las leyes de percepción los estudios destacan la búsqueda de patrones definidos acordes a la percepción humana y muy probablemente también la percepción animal también privilegia la aparición de estos patrones y manifestaciones regulares, ante las manifestaciones caóticas.

El último escaño en el análisis y aplicación de los colores de la naturaleza y uno de los más importantes instrumentos de esta investigación son los mapas cromáticos.

Mapas cromáticos. Un mapa cromático se constituye como el resumen gráfico de la información cromática de un organismo para ser utilizada al proponer el acomodo de colores

Contiene los elementos básicos que incluyen el porcentaje de color utilizado, la información codificada de cada color en alguno de los sistemas digitales (CMYK, RGB, Cielab, etc.). Deben de definirse las vecindades de cada color , así como las eventuales degradaciones de un color a otro o las variaciones de saturación.

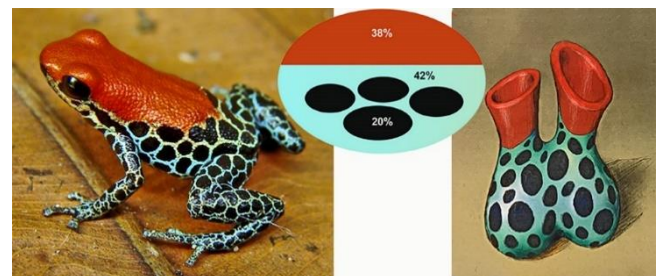


Imagen 4.- Rana punta de flecha *Dendrobates azureus* con la imagen del organismo a la izquierda, al centro el Mapa Cromático y un diseño de alfarería propuesto por el autor. El mapa cromático es una de las aportaciones que permitirán al diseñador aplicar los colores del organismo atendiendo a los porcentajes de área de cada color, las vecindades y los patrones de manera completa.

Es esta una de las mayores aportaciones de esta investigación.

El mapa se propone como un guía práctico para aplicar color a proyectos de diseño con formas básicas y tener las identificaciones de patrones y elementos básicos de diseño (puntos, retículas, bordes o "outlines", línea uniforme o enfatizada, etc.)

Todas estas manifestaciones se pueden representar en un mapa cromático, pero requieren de muchas capacitaciones previas.

En la naturaleza no solamente se produce colores vivos de máxima saturación, sino que también aparecen colores de baja

saturación (añadiendo tanto blanco como negro) y si clasificáramos las cromáticas aplicables al diseño, tendríamos una amplia gama de aplicación innovadora.

Los alumnos han propuesto diversos casos de aplicación biomimética muchas de ellas han resultado muy pedagógicas para el aprendizaje de nuevos enfoques y conocimientos. Ejercicios que a continuación se enuncian y explican:

- Bodypaint o maquillaje donde ellos mismos han generado personajes asociado a organismos utilizando sus rostros o cuerpos como lienzos y muestras de creatividad.
- Combinaciones de vestuarios basados en cromáticas biomiméticas es una tarea difícil que tiene sentido cuando se disponen de amplios vestuarios.
- Aplicación a trabajos tridimensionales hechos en el curso de principios de diseño tridimensional. Se colorean pintándolos físicamente o manipulando fotografías de forma digital.
- Replanteamiento de carteles y mensajes gráficos. También realizados a partir de diseños de otros autores o replanteamiento de proyectos propios previamente realizados sin considerar criterios cromáticos definidos.
- Replanteamiento por manipulación digital de fachadas arquitectónicas a partir de fachadas previamente diseñadas generalmente sin criterios cromáticos definidos.
- Búsqueda de identidades regionales en productos como (tenis, camisetas, joyería, etc.). Generalmente a partir de productos ya realizados y replanteados aquí con programas de manipulación digital.

De forma parecida a cómo muchos investigadores como Gyorgy Doczi y Matila Ghyka han descubierto los mecanismos que usa la naturaleza en la definición de la forma a través de la constante utilización de las proporciones áureas, las proporciones armónicas, las secuencias de Fibonacci, etc. Proceso que producen formas afines a la percepción humana.

El color en la naturaleza debe tener patrones asociados a relaciones matemáticas similares Matila Ghyka señala algunas relaciones que tienen coincidencia con los acordes de la composición musical basadas en las relaciones numérica del inicio de la serie de Fibonacci. Hasta el estado actual de esta investigación sólo se puede afirmar que los colores de los organismos presentan una clara elección de combinaciones temáticas y afines a la percepción humana.

CONCLUSIONES.

1. Las cromáticas biomiméticas permiten al diseñador tener acceso a propuestas de utilización de coloreado para sus proyectos desde una perspectiva armónica a la percepción humana en un más amplio rango. Son propuestas diferentes a los criterios planteados por los teóricos del color (triadas, Tétradas, colores estacionales, fríos y calientes, colores apastelados, etc.).
2. Es necesario evaluar las aportaciones teóricas y empíricas de las aplicaciones de cromáticas inspiradas en la naturaleza, pues es una propuesta nueva sobre la aplicación del color en diseño. (Elliot, 2015)
3. Para una adecuada aplicación de una cromática biomimética es importante que los colores sean exactos

(codificados en cualquier sistema, principalmente CMYK o RGB), que los porcentajes de área de aplicación de cada color sean aproximadamente similares, es fundamental tomar en cuenta la vecindad para preservar los efectos de colores simultáneos y finalmente para muchas cromáticas es importante tener en cuenta el comportamiento de patrones, Casos de retículas orgánicas, efectos de degradado etc.

4. Así se abre la posibilidad de utilizar combinaciones cromáticas novedosas que promuevan la identidad social en el ámbito de la protección de las especies biológicas distintivas de cada región y el fomento de la protección ecológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Archetti, M. (2009). Classification of hypotheses on the evolution of autumn colours. *Oikos*, 118(3), 328–333. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2008.17164.x>
- Arnheim, R. (1997). "Art and Visual Perception, a Psychology of the Creative Eye." In *University of California Press, Berkeley LA* (Vol. 3). <https://doi.org/10.1007/bf02719925>
- Caivano, J. L. (2004). Armonías del color. *Gac*, 19, 2–21.
- Cuthill, I. C., Allen, W. L., Arbuckle, K., Caspers, B., Chaplin, G., Hauber, M. E., ... Caro, T. (2017). The biology of color. *Science*, 357(6350). <https://doi.org/10.1126/science.aano221>
- Cuthill, I. C., Stevens, M., Sheppard, J., Haddocks, T., Parraga, C. A., & Troscianko, T. S. (2005). Disruptive coloration and background pattern matching. *Nature*, 434(7029), 72–74. <https://doi.org/10.1038/nature03312>
- Doczi, G. (2004). *El Poder de los Límites*. 34(2), 184.
- Elliot, A. J. (2015). Color and psychological functioning: A review of theoretical and empirical work. *Frontiers in Psychology*, 6(APR), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00368>
- Itten_Johannes_The_Elements_of_Color*. (n.d.).
- Kinoshita Shuichi. (2008). Structural Colors in the Realm of Nature. In *World Scientific Publishing Co.* (Vol. 1).
- Merilaita, S., & Ruxton, G. D. (2007). Aposematic signals and the relationship between conspicuousness and distinctiveness. *Journal of Theoretical Biology*, 245(2), 268–277. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2006.10.022>
- Sun, J., Bhushan, B., & Tong, J. (2013). "Structural coloration in nature." *The Royal Society of Chemistry*, 3(35), 14862–14889. <https://doi.org/10.1039/c3ra41096j>