

## **Cromáticas biomiméticas, los colores de la naturaleza para el diseño.**

### **Autores**

M.A.V. Adolfo Alberto Cervantes Baqué, [shake.cordoba@gmail.com](mailto:shake.cordoba@gmail.com)

M.D. Consuelo Córdoba Flores, [shake.cordoba@gmail.com](mailto:shake.cordoba@gmail.com)

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, México

### **RESUMEN**

Los investigadores del color han propuesto diversos esquemas sistematizados para la aplicación armónica de éste en el diseño. Existen los colores análogos, los colores complementarios o en su caso las propuestas equidistantes del círculo cromático (díadas, triadas, tétradas, etc.).

Aunque en los patrones de color de muchos organismos los principios ya citados se aplican, en muchos otros se encuentran pautas cromáticas diferentes indudablemente evaluables como armónicas y que pueden ser utilizadas por artistas y diseñadores. Por tanto, el propósito de este estudio es descubrir qué elementos rigen estas disposiciones, indistintamente de que se manifiesten en las libreas de los peces, el plumaje de las aves, las escamas de algunos reptiles o la piel o exoesqueleto de muchos otros seres vivos.

Con el advenimiento de la era digital, se ha logrado sistematizar y objetivamente identificar la enorme diversidad de colores que el ojo humano es capaz de distinguir. Sistemas tales como la escala RGB o la escala CMYK (entre otras). El análisis que se hace en esta investigación, usa los recursos digitales disponibles en programas de acceso masivo como los selectores de color, con la finalidad de identificar qué colores exactamente se manifiestan.

La ponencia pretende definir qué criterios de color se presentan en algunos organismos que pueden evaluarse como armónicos y no pertenecen a los arriba mencionados; los porcentajes de áreas aplicadas, la vecindad y si su manifestación de da en franjas, manchas o áreas continuas o degradadas. Se ilustrarán ejemplos aplicados en las diversas disciplinas de diseño (arquitectura, diseño industrial y gráfico), así como ejercicios de principios básicos de diseño bi y tridimensionales.

### **INTRODUCCIÓN**

Este escrito trata el tema de la utilización del color en la naturaleza y su aplicación en el diseño a través de una investigación que incluye varios elementos de estudio y análisis, entre los cuales destaca la realización de experimentación en el aula con estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana en las unidades de Enseñanza-Aprendizaje; Lenguaje de Diseño y Sistemas de Diseño en los dos primeros de las carreras de Diseño. Se menciona el estado del arte de las investigaciones previas realizadas sobre el color y los ejercicios, describiendo el método de aproximación al análisis de las propuestas cromáticas y las herramientas utilizadas así como algunas aplicaciones concretas.

La parte didáctica no se disocia de la descripción de los conceptos que pueden tener aplicación tanto al diseño como a la enseñanza del color como un principio básico de diseño.

## **Biónica o Biomimética**

El concepto de Biónica fue desarrollado por Jack Ellwood Steele, el término Biónica se incorporó al diccionario Webster en 1960, definido como "una ciencia que estudia la aplicación de los datos sobre el funcionamiento de los sistemas biológicos a la solución de problemas de ingeniería". El término Biomimética apareció en el Diccionario Webster en 1974 y se define como "el estudio de la formación, estructura y función de las sustancias y materiales de origen biológico y los mecanismos y procesos biológicos, especialmente con el propósito de sintetizar productos similares por mecanismos artificiales que imitan a los naturales".

Ambas disciplinas tienen el mismo objetivo y en el estudio de diseño se enseñan bajo el nombre de una o de otra. Para el título y el contenido de este escrito he escogido el término Biomimética preferentemente por su eufonía y coincidencia con el concepto de cromática, aunque los autores prefieren el término Biónica para referirse al aprovechamiento de los aciertos de la naturaleza en el diseño dado que el otro término en realidad se refiere a solo a la mimética como una de tantas estrategias de la naturaleza.

## **Mimético o conspicuo, las funciones del color en los organismos**

El mimetismo es la cualidad que tienen algunos organismos de perderse en su entorno y de esta manera ser menos evidentes a sus enemigos depredadores (la aplicación al diseño sería el camuflaje). Cuando un ser pretende ser conspicuo por el contrario tiende a ser más notorio, llamar la atención y distinguirse en su entorno (como cuando en diseño se destaca con color rojo el interruptor de apagado de una máquina).

La función del color en los organismos puede tener varios objetivos;

- Como una estrategia de perderse visualmente ante los predadores. Algunas especies de insectos han adquirido formas o colores parecidas a las de su entorno e incluso pueden emular, por ejemplo, una rama seca logrando una fusión absoluta con su entorno no sólo por forma, sino también por el colorido e incluso su conducta pues se balancean al moverse emulando el efecto que tendría el viento al mover una rama muerta.
- También hay organismos que emulan en forma y color seres mucho mayores como estrategia para evitar ser atacados por predadores como las orugas de varias especies que se expanden y logran parecer la parte delantera de serpientes o las palomillas que emulan el rostro o cabeza de búhos y lechuzas.
- Es conocido también el caso de las cebras y varios antílopes con sus características rayas verticales alternativamente en tonalidades claras y oscuras logran perderse visualmente a la distancia. La forma de su cuerpo es percibida de forma diferente, es decir esta estrategia consiste en romper la silueta característica del equino o el antílope y además de las formas resultantes emulan la forma de troncos y ramas de su entorno.
- Curiosamente muchos de los peces coralinos juveniles presentan este efecto de forma muy parecida rompiendo con su coloración (librea) su perfil formal distintivo y así logran confundirse con su entorno que también está integrado de ramas de coral y otras formaciones filamentosas.

Posteriormente al llegar a la etapa adulta cambian completamente esta coloración juvenil para tener entonces colores muy diferentes, intensos y distintivos que tienen como función distinguirlos de otros peces similares y así evitan el riesgo de hibridarse. En la imagen 1

aparecen peces del género *Pomacanthus* y *Euxiphipops* que tienen coloraciones similares en su juventud y como cambian radicalmente su coloración al convertirse en adultos.



**Imagen1. De izquierda a derecha las especies *Pomacanthus asfur*, *P imperator*, *P semicirculatus*, *Euxiphipops navarchus* y *E. xanthomethpon*, Arriba la librea juvenil con propósitos miméticos y abajo la coloración de adultos que enfatiza su distinción como especie y los denota.**

- También en los peces coralinos es común encontrar el truco de los ocelos o manchas circulares en la aleta dorsal que emula el ojo de un organismo de mayor tamaño (ver al *E. xantomethpon* en la Imagen 1 de manera que, cuando un depredador detecta a este ser y pretende devorarlo, lo ataca anticipándose que la posible víctima avanzará en una dirección cuando en realidad lo hará exactamente en el sentido contrario y así logra su escape del depredador.

- Muchos organismos de vívidos colores advierten con su apariencia que son tóxicos en caso de ser ingeridos o bien, capaces de generar veneno, incluso hay otras especies que a través de la evolución han logrado emular estos colores para ser confundidos con aquellos verdaderamente peligrosos. Tal es el caso de la serpiente coralillo y varias especies que la imitan y son conocidas como falsos coralillos.

- Muchas aves adquieren vividos colores para distinguirse en el follaje y tener una clara identidad genética que les permite llamar la atención y encontrar pareja de su especie.

- Finalmente está el caso de las flores de vívidas tonalidades que logran atraer la atención de otras especies para ser polinizadas. Aquellas especies que incluso usan colores ultravioletas que distinguen los insectos polinizadores solamente.

La coloración de los organismos los designa y define como especie y es el resultado de millones de años de evolución; su cromática los distingue e identifica y de alguna manera debe de tener características que la selección natural ha depurado a través de este periodo de tiempo de manera que para ellos debe ser una solución eficiente. Seguramente no hay aquí involucrado un propósito de “*ser armónico*”, sin embargo, para la percepción de la especie humana resulta ser así.

Lo que sí es evidente y esto es importante para el objetivo de este estudio es que se puede diferenciar claramente cuando la naturaleza usa el color para mimetizarse con el ambiente y cuando trata de justamente lograr lo contrario, es decir evidenciarse o distinguirse notoriamente. Se menciona esto porque en el diseño también se trata de que el color constituya un factor para que el producto, el mensaje o un espacio, sea notorio o bien que se integre al ambiente o pase por un énfasis sutil. En ocasiones conviene que los colores del

diseño se noten de manera armónica o bien que se opte por una opción más sobria, en donde sea un factor para integrarse con el entorno.

### **Convergencia Evolutiva o Coincidencia Cromática**

La evolución convergente o convergencia evolutiva, se da cuando dos organismos taxonómicamente no relacionados evolucionan independientemente a partir de estructuras ancestrales distintas y por procesos de desarrollo diferentes, como la evolución del vuelo en los *pterosaurios*, las aves y los murciélagos.



***Imagen 2. El colibrí Selasphorus rufus y la palomilla Macroglossum stellatarum han evolucionado tanto en forma como color respondiendo a medios ambientes similares.***

También hemos encontrado en este estudio que animales taxonómicamente distanciados adquieren colores similares y este hecho es importante ya que puede denotar el uso del color de manera reiterada en la naturaleza (ver imágenes 2 y 3).



***Imagen 3.-El nudibraquio Chromodoris willani contiene toxinas en su piel y el ave Cyanocitta cristata con una pésima reputación como destructor de nidos y huevos de otros pájaros. Coinciden en su cromática sin una razón funcional aun descubierta, pero ambos son conspicuos.***

### **Percepción Cromática**

La especie humana vinculada taxonómicamente a los primates, comparte orígenes como seres que se alimentaban de frutos y la capacidad de poder distinguir colores les ayudaba a saber la adecuada madurez de estos alimentos. Estamos dotados de recursos que nos ha permitido distinguir con gran precisión los colores dentro de rangos que se afirma según los autores están alrededor de distinguir entre alrededor de un millón de tonalidades. Estudios científicos han demostrado que la retina humana y la de los animales diurnos está conformada

por una mayor cantidad de conos que de bastones. Algunos poseen los llamados conos dobles que les permiten ver más colores, como sucede con las lagartijas.

En la visión de especies animales nocturnas, por el contrario, predominan los bastones, lo cual les permite ver con mayor claridad y distinguir los matices del gris durante la noche, pero en sentido general, perciben muy pocos colores. Roedores como los hámsteres distinguen solamente los grises acromáticos. Las abejas y otros insectos que se alimentan de polen y/o miel son sensibles a la luz ultravioleta que no es distinguible por el ojo humano.

### **Breves reflexiones del color en la historia**

A continuación, algunos de los conceptos del color creados en la historia y sus autores con el propósito de mostrar la complejidad de definir el fenómeno del color.

Los primeros antecedentes del estudio del color se remontan al filósofo de la Grecia antigua Aristóteles (384 - 322 AC) quien definió que todos los colores se conforman con la mezcla de cuatro colores y además otorgó un papel fundamental a la incidencia de luz y la sombra sobre los mismos. Estos colores que denominó como básicos eran los de tierra, el fuego, el agua y el cielo.

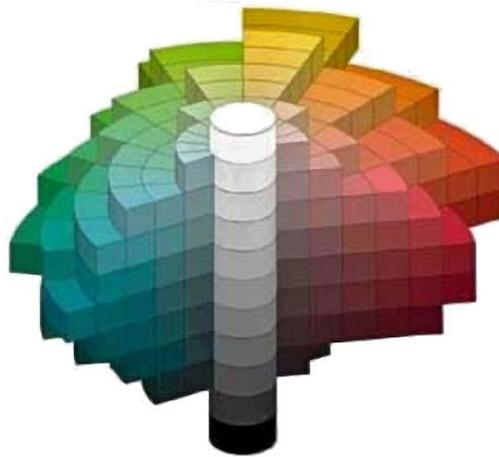
Siglos más tarde, Leonardo Da Vinci (1452-1519) definió al color como propio de la materia, propuso la escala de colores básicos: primero el blanco como el principal ya que permite recibir a todos los demás colores, después en su clasificación seguía amarillo para la tierra, verde para el agua, azul para el cielo, rojo para el fuego y negro para la oscuridad.

Fue Isaac Newton (1641-1727) quien tuvo las primeras evidencias en 1666 de que el color se daba al hacer pasar la luz del día a través de un orificio y luego incidir en un prisma de cristal, así aparecían los seis colores del espectro proyectados en una pared donde entonces se manifestaban los colores rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violeta. De este hecho dedujo Newton que la luz blanca es la suma de todos estos colores.

En otro experimento, tras elaborar un disco de colores con los siete colores del arcoíris y hacer girar el disco, los colores se mezclan, se suman, y el resultado es el blanco. Con estas dos experiencias del prisma y el círculo giratorio Newton establece las bases para los dos enfoques de análisis de color, la Síntesis Aditiva y la Síntesis Sustractiva del color en el concepto aditivo se añade luz para combinar colores y en el caso del concepto sustractivo se da por hecho que los objetos absorben luz y reflejan colores de acuerdo a los pigmentos con los que están cubiertos en su exterior.

Goethe (1749-1832), creó un sistema cromático de seis colores incluido en su tratado publicado en 1810, definió un sistema de presentación de los colores en su famoso triángulo, propuso el primer círculo cromático y analizó los efectos psicológicos de los colores en el ser humano.

“para la producción del color se requieren luz y tinieblas, claro y oscuro o, si se quiere usar una fórmula más general, luz y no luz. ante todo nos surge de la luz un color al que llamamos amarillo, y otro de las tinieblas al que designamos con la palabra azul”.<sup>i</sup>



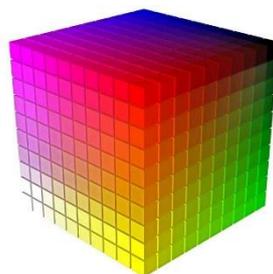
**Imagen 4. Fragmento del denominado "Árbol" de color de Munsell**

El espacio de color Munsell (1905) se constituyó como una teoría donde se trata simplemente de formar un esquema tridimensional que se denomina árbol en el cual se coloca sobre los círculos los colores saturados y sobre un eje perpendicular se van incrementando o reduciendo la saturación hacia el blanco o el negro (imagen 4).

Existe también el lenguaje HTML usado en Internet que consiste una codificación a base de la notación hexadecimal que permiten ilustrar fácil y rápidamente los colores en las páginas web, pero desde luego abarca un rango limitado. La codificación de representación de propiedades de colores HSV-HLS (Tono (H), Saturación (S), Luminosidad (V o B), Claridad (L)

Wilhelm Ostwald (1853-1932), químico estoniano, planteó una clasificación y normalización cromática que 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, aporta también valiosos conceptos que aquí se mencionan.

Alfred Hicethier en 1952 lideró las investigaciones llevadas a cabo por los laboratorios chr. Horstmann-steiberg, de Alemania, elabora el sistema llamado *el cubo de colores* (imagen 5).



**imagen 5. Vista del cubo de los colores. 7 Vértices visibles en un vértice el blanco y en otro el negro en 2 vértices colores secundarios**

También vale la pena recordar los aportes realizados por otros artistas tales como Delacroix, Kandinsky y las teorías de Paul Klee, por mencionar sólo algunos de los más significativos a lo largo de la historia del arte.

Con lo advenimiento de los métodos de impresión seriada como del offset y la serigrafía se ha optado por definir pigmentos comerciales de bajo costo para la impresión de imágenes en color. Al aparecer los métodos de impresión industrializados algunas teorías del color pigmento o teoría sustractiva con la denominación CMYK (Cian, Magenta, Amarillo y Negro) al no incluir el blanco, si no lograrlo a través del color natural del papel se de las técnicas pictóricas opacas como el óleo y cualquier método de pintar que puede usar pigmentos blancos.

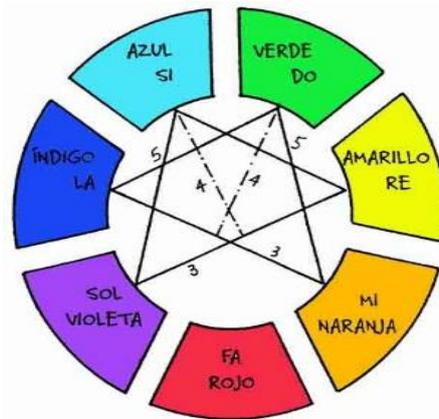
Aparecieron entonces códigos de color como los que las industrias Letraset y Mecanorma quienes propusieron para designar los colores de una manera sistematizada a través de catálogos y designaciones alfanuméricas. Si bien estos códigos aún existen cada vez son más desplazados por los métodos de designación digital del color que son los de sistemas de designación cromática basados en la teoría luz o teoría aditiva del color donde el rojo el verde y el azul (RGB) son los colores primarios y funcionan en las computadoras, TV y proyectores.

### **Hipótesis de trabajo**

En el estudio que describe este artículo se pretende hacer un el análisis de las manifestaciones del color de los organismos en la naturaleza y su aplicación al diseño. Se pretende encontrar modelos característicos de comportamiento del color en su incidencia en los organismos, indistintamente del propósito con que lo usen Estas combinaciones resultan armónicas para el ser humano de la misma manera en que las formas de los organismos resultan también resultan armónicas a la percepción humana. De esta forma el perfil hidrodinámico de un pingüino (por ejemplo) le permite desarrollar mayores velocidades de nado que sus predadores y eficiencia funcional. Sin embargo, independientemente de esta eficiencia su forma nos resulta armónica.

Justamente en este sentido aquellos destacados autores que se han dedicado al estudio de la forma tales como Matila Glyka, Gyorgi Doczi o Jan Hanbidge encontraron en la geometría y las matemáticas se enlazaban para encontrar relaciones específicas como las proporciones áureas y de los rectángulos armónicos (raíz de 2, raíz de 3, etc.) entre otras para explicar esta armonía formal. Se buscará en el presente estudio si hay en estas relaciones posibles incidencias para explicar las composiciones del color.

Los autores mencionados arriba descubrieron que esta relación entre la geométrica y la matemática también se manifiesta en la armonía musical y así mencionan el diapason con una relación de  $1/2$ , el diapente  $2/3$ , diatesarón  $3/4$  y le asignaron el término de dinergia a estas relaciones. Y el término dinergia lo definen así: El círculo de colores muestra dos ejemplos de correspondencia entre acordes musicales y armonías de colores indicados por triángulos que justamente se corresponden con los límites proporcionales del triángulo 3:4:5 que se aproxima en el corte transversal de la gran pirámide <sup>ii</sup>



**imagen 6. El acorde tónico de sol mayor, sol, si, re, corresponden al violeta-azul-amarillo.**

Muchas palabras se refieren a distintos aspectos del proceso de formación según el modelo de unión de los opuestos, pero aunque resulte extraño ninguno expresa su poder generativo. Polaridad implicando los opuestos, pero no indica el nacimiento de algo nuevo. *Dualidad y dicotomía* señalan la división pero no aluden a la unión. Sinergia indica unión y cooperación pero no se refiere específicamente en los supuestos.<sup>iii</sup>

Ya que no existe un único término adecuado para describir este proceso universal de creación en base a determinado modelo, proponemos una nueva palabra *dinergia*, compuesta por los vocablos griegos día de un lado al otro a través opuesto y “energía”.<sup>iv</sup>

Por armonía entendemos la unión adecuada, ordenada y agradable de las variantes cromáticas que pueden albergar incluyentemente muchos contrastes. En este sentido la armonía es una relación dinámica en la cual colores diferentes se complementan entre sí a través de la unión del origen mismo y sugiere que tal unión una relación dinérgica que está presente en el corazón de todas las armonías (formal, cromática, musical, etc.).

Como estrategia los autores han dado en utilizar como herramienta lo que denomina en este estudio como la huella o traza cromática (que es una herramienta de la manifestación de los colores en un círculo cromático). De forma similar a como se han establecido las armonías cromáticas que plantea Johannes Itten en la diadas o colores complementarios, las triadas y las tétradas. “Si elegimos en el círculo cromático tres colores que formen un triángulo equilátero, estos colores forman una concordancia armoniosa a tres colores”<sup>v</sup>.

Itten menciona estas relaciones como concordancias, aunque posteriormente se generalizo su propuesta como armonías cromáticas. También el menciona lo que después se designa como colores análogos. La modificación de los caracteres de colores no debería sobrepasar cuatro colores vecinos del círculo cromático.<sup>vi</sup>

“Hay que examinar cada color en su relación con el color vecino y luego con el conjunto de los colores de la composición para instaurar un elemento de útil referencia”.<sup>vii</sup>

También para este estudio se plantea que los porcentajes de las áreas aplicadas de los colores, las manifestaciones formales como manchas líneas rectas u ondulaciones y patrones manifestados bidimensionalmente pueden ser de gran trascendencia para descubrir estos patrones resultan en la combinación armónica de los colores. El objetivo es mostrar la cromática que se manifiesta en la naturaleza y demostrar que la aplicación siguiendo los instrumentos mencionados da como resultado cromáticas armónicas en su traslado al diseño

y se ejemplifica con objetos de diseño industrial, propuestas de diseño de interiores, diseño de modas y ejercicios de principios básicos de diseño como ritmo módulo patrón y sistema etc. Éste modelo pedagógico produce un real convencimiento de que el modelo aplicado funciona.

El autor (Jan Hambidge), impresionado por la incoherencia del diseño moderno y convencido de que debe existir en la naturaleza algún principio correlativo que pudiera dar a los artistas un control de las áreas, emprendió un estudio comparativo de las bases de todo diseño, tanto en la naturaleza como en el arte.<sup>viii</sup>

Otro criterio para armonizar colores son los colores fríos y calientes que varios autores mencionan o más específicamente los colores estacionales que también J. Ittem siguiere cuando dice que.

He preguntado muchas veces el criterio objetivo sobre las cuatro concordancias de colores que caracteriza las cuatro estaciones del año y me ha parecido curioso que nadie se confunde en la atribución esto prueba que en el hombre dejando aparte su gusto existe un órgano de apreciación más elevado que el que les exacto objetivamente y mantiene sus límites del juicio del gusto que se fundamenta únicamente en la sensibilidad este triste de juicio general pertenece sin duda ninguna al dominio de la razón.<sup>ix</sup>

Cuando hablamos de los criterios cromáticos típicos del diseño no se suele hacer una relación directa al porcentaje de área aplicada sin embargo Johannes Ittem lo hizo cuando hablaba de los contrastes y así por ejemplo al mencionar colores complementarios establecía un balance entre la luminosidad del color y el área que debería de ocupar entonces por ejemplo una combinación armónica de dos colores complementarios como morado y amarillo deberá de tener proporcionalmente una mayor cantidad del color menos luminoso (el morado) y un menor porcentaje del color más luminoso (amarillo) intuyendo que de esta manera quedaría balanceada la composición cromática. “La noción de armonía de los colores debe liberarse del condicionamiento subjetivo gustos impresiones y constituirse como ley objetiva”.<sup>x</sup>

Para Ostwald que dos colores armonizan cuando tienen elementos esenciales idénticos, su identidad se puede dar por su luminosidad o por el grado de saturación esto implica que todos los tintes en tanto tengan en el mismo grado de saturación están en consonancia. De la misma forma hay ciertos colores que se adecúan entre sí particularmente bien, estos son los colores complementarios aquellos que se encuentran opuestos en el círculo cromático y su compatibilidad se basa en que al mezclarse como pigmentos, dan un color neutro y separados son completamente distintos entre sí esta cualidad se resalta cuando en las técnicas pictóricas el color de un objeto se sombrea con colores fríos o cálidos según sea el color del objeto es decir un objeto de tono cálido se sombrea con tonos pardos oscuros y no objeto que color free se sombrea con colores azules y violetas (tonos fríos).

Fernando Lossada menciona que; “Según Ostwald, todos los matices serán armónicos mientras la saturación sea la misma. Por otro lado, también reconoció la influencia del tamaño al momento de armonizar los colores, así, los colores apagados debieran ocupar superficies grandes y los tonos muy saturados debieran emplearse únicamente en áreas pequeñas”. xi

Sin embargo, esta ponderación porcentual de las áreas de los colores no se suele mencionar en los estudios de la armonía de color. Cuando se habla de los colores análogos se omite sugerir qué porcentaje de área o extensión ocupa cada uno de ellos, tampoco cuando se habla de las relaciones de los colores que generan separaciones equidistantes en el círculo cromático (tétrada hexadas etc.). Sin embargo, Scott en 1979 menciona:

Para imaginar cómo quedará un tono, debemos saber no sólo cómo es en sí mismo, sino dónde está ubicado en su medio ambiente, este es el sentido del término dinámica del color. Existe una relatividad total entre los tonos de una composición, los contrastes entre ellos afectan la percepción tan notablemente y de tal manera que la naturaleza aparente de un tono en la paleta, se modifica completamente en el contexto. Los psicólogos denominan este efecto como contraste simultáneo.<sup>xii</sup>

### **Alcances y limitaciones de las herramientas de análisis cromáticos de este estudio.**

Una de las mayores problemáticas de los catálogos de colores que se han creado es que estos deben ser modelos capaces de ilustrar toda la gama de colores posibles así por ejemplo el círculo cromático no es capaz de ilustrar los colores terciarios que si aparecen en el triángulo de Goethe<sup>1</sup> al ser resultado de la mezcla de los colores vecinos en el triángulo pueden ilustrar la mezcla de los tres colores primarios en diferentes proporciones y este elemento es una limitación que aparece en todos los catálogos representados bidimensionalmente que ilustran los colores por combinación de los colores de vecindad y es por eso que se han generado modelos de catálogos tridimensionales como el árbol de Muncell, El Cubo de Colores o las representaciones esféricas del catálogo denominado Cielab.

En este estudio se ha optado por localizar el color de los organismos a partir de fotografías mayormente obtenidas de Internet. Es sabido que para localizar un organismo específico la mejor manera y hacerlo sin errores, es utilizar su denominación científica (dado que muchas especies reciben nombres comunes, diversos en cada región ) y al ubicar género y especie con un buscador como Google, entonces aparecerán tal vez varios cientos de fotografías de este organismo específico lo cual nos permitirá apreciar que si bien una especie animal puede tener cierto rango de variabilidad, tanto en forma como en color (muchos organismos pueden tener incluso variantes de color según la región). De esta forma el investigador podrá entender o apreciar la realidad cromática del organismo seleccionado.

Desde luego es importante mencionar que algunas de estas fotografías han sido manipuladas digitalmente y tampoco tenemos la certeza de en qué condiciones lumínicas fue hecha la toma o registro fotográfico. Habrá que mencionar que es necesario privilegiar para la selección de las fotografías más representativas aquellas fotografías que fueron tomadas con la luz blanca y al aire libre.

Para ilustrar los colores es siempre complicado referirnos a un modelo tridimensional factible de ser descrito en dos dimensiones. Sin embargo, el selector de color de los programas de diseño generalmente representado con el icono de un gotero permite una selección de gran precisión y tiene la ventaja de ilustrar el color con las proporciones justas de los tres colores primarios bien sea en la teoría aditiva o teoría luz (RGB) síntesis substractiva del color (CMYK).

### **Ejercicios para concientizar a los alumnos en la aplicación de Cromáticas Biomiméticas**

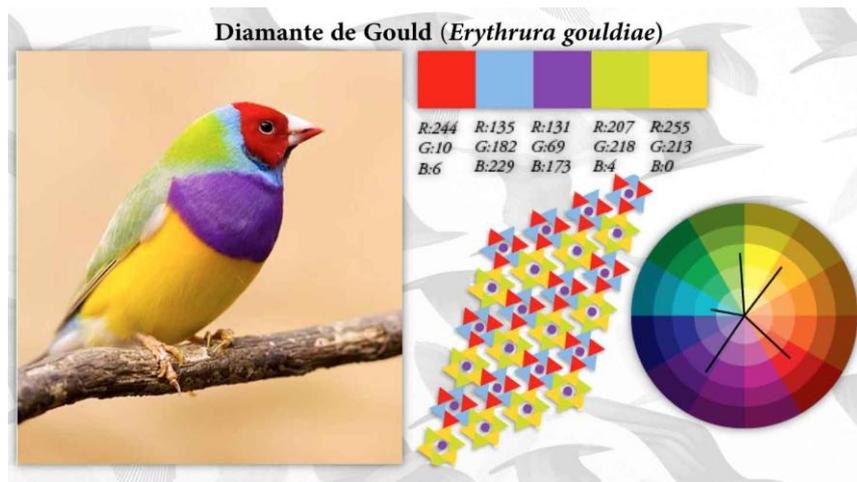
La propuesta de la búsqueda de estas combinaciones cromáticas los autores de este escrito han encontrado que la mejor manera de extender este método en el medio docente es a través

---

<sup>1</sup> Para muchos autores los colores terciarios son las combinaciones en el círculo cromático de un secundario y su vecino primario por ejemplo el amarillo limón otros autores definen los terciarios a los del triángulo de Goethe colores

del planteamiento de un ejercicio de investigación en donde grupos de alumnos (formados por 3 o 4 integrantes) elijen un grupo de organismos taxonómicamente relacionadas que se caracterizan por uso de combinaciones de color muy interesantes (aves, reptiles, peces coralinos, insectos, ranas, mariposas, nudibranquios, etc.). En la imagen 8. Se muestra un ejemplo

Se le solicita que localicen los colores con el selector de color de los programas de cómputo (principalmente los de la Suite Adobe) ubicándolos en el círculo cromático o bien con los colores del triángulo Goethe y se les pide que hagan una propuesta de diseño básico utilizando la misma gama cromática y aplicando exactamente los mismos colores.



**Imagen 8.- Muestra de un análisis cromático solicitado a los estudiantes incluyendo la especie definida científicamente, los porcentajes de áreas aplicadas por color y un ejemplo de aplicación a diseño.**

Con estas acciones los alumnos comprueban que las propuestas cromáticas que aparecen en la naturaleza posee gran armonía y pueden ser trasladadas al ámbito del diseño pues es evidente que los resultados de estos ejercicios son criterios cromáticos armónicos.

Se les solicita que establezcan también un porcentaje de área donde de manifiesta cada uno de los colores, así como que pongan especial atención en la vecindad de los colores.

“... la relación entre la cantidad de espacio ocupado por determinado color y su luminosidad, es determinante a ser equilibrada en función de construir eficientemente cualquier esquema cromático. en esencia esta denominada ley propone una relación de proporción inversa entre la intensidad del color y el área por él ocupada; en otras palabras, mientras más amplia sea la zona a cubrir, tanto menos intenso, neutro y quieto debe ser su color, y en el caso contrario mientras más pequeña sea el área a cubrir, tanto mejor se acomoda un color en considerable saturación o en máxima intensidad. El color y sus armonías” .<sup>xiii</sup>

También se les solicita que sean conscientes si los colores se manifiestan en forma de franjas o líneas (bien sea rectas, onduladas, interrumpidas, etc.) si se da el efecto de un contorno perimetral (denominado en inglés *outline*) etc. No es posible soslayar la importancia de los patrones en que se manifiesta el color en la naturaleza.

Hay que examinar cada color en su relación con el color vecino y luego con el conjunto de los colores de la composición para instaurar un elemento de útil referencia.<sup>xiv</sup>

“En la percepción visual un color casi nunca es visto como realmente es. Este hecho hace del color el medio más relativo del arte. Para hacer uso del color de forma efectiva, es necesario reconocer que el color nos engaña continuamente. El principio no puede ser por lo tanto el estudio de los sistemas cromáticos”<sup>xv</sup>

En los ejercicios de los alumnos el círculo cromático se utiliza con el propósito de tratar de definir la huella cromática es decir que si bien algunos organismos utilizan los criterios cromáticos conocidos ya en diseño como colores análogos es decir los vecinos del círculo cromático (como se muestra en la imagen 9).



**Imagen 9. Análisis cromático de una especie que aplica colores análogos.**

En la imagen 10 se muestra una secuencia de imágenes en donde la primera a la izquierda es la coloración natural de la rana y las dos siguientes fueron manipulada digitalmente por los autores manteniendo la cualidad de colores análogos.



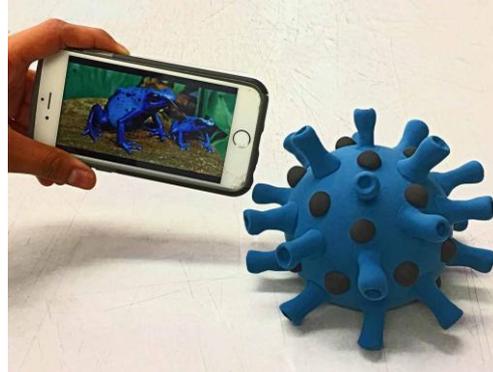
**Imagen 10.- En realidad solo existe la rana de la izquierda Se experimentó como se aprecia las dos siguientes, que no existen, pero se aplican colores análogos.**

También es común encontrar las combinaciones cromáticas que Ittem denomino como correspondencias; las tétradas tanto regulares (triángulo equilátero), las tétradas complementarias (triángulo isósceles), las tétradas irregulares (triángulos escalenos), etc. Todo esto con la intención de detectar comportamientos distintivos en la enorme variedad del uso del color en la naturaleza.

Estas presentaciones se analizan en grupo llegando a la conclusión de que la inmensa mayoría de los casos los resultados dan combinaciones cromáticas armónicas y juntos docentes y estudiantes llegamos al entendimiento de que la opción de utilización de la paleta cromática en estos organismos es una excelente opción para aplicarlas al diseño.

Algunas observaciones son importantes destacar por ejemplo tratar de distinguir entre las combinaciones cromáticas que utilizan los organismos como un propósito mimético estas

combinaciones cromáticas coinciden aplicaciones al diseño cuando por ejemplo objetos requieran colores con cromáticas más sutiles a su ambiente en donde se fundan con el entorno.



***Figuras 11 y 12. Aplicación en ejercicios tridimensionales (morfogénesis) y los organismos que se usaron como referencia para aplicar color***

## CONCLUSIONES

A pesar que esta es una investigación en proceso con menos de un año de haber sido iniciada se pueden asegurar ciertos hallazgos:

- El color en la naturaleza manifiesta composiciones armónicas basadas tanto en los criterios planteados por los grandes teóricos del color en el arte y el diseño como por otros criterios diferentes que contradicen de esas propuestas. La mayoría de las manifestaciones cromáticas generan huellas poligonales irregulares diferentes de las combinaciones regulares (triadas, tetradas, hexadas, etc.) encontrándose muy a menudo huellas cromáticas pentagonales irregulares
- El planteamiento de un ejercicio para los alumnos de diseño se ha convertido en un eficiente método para integrar estas propuestas a su proceso 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.
- Se distinguen claramente las propuestas miméticas de los organismos aplicables a combinaciones cromáticas más sutiles y las propuestas conspicuas o notorias a aplicaciones que pretenden llamar la atención con el color.
- No solo los colores sino también los patrones con los que éstos se manifiestan en la naturaleza son elementos aplicables al diseño. Si bien no se trata de hacer una copia exacta pero ha resultado que al considerar los porcentajes de áreas, atender las vecindades y en su caso las degradaciones tonales o matices, etc. es casi siempre una aproximación más exitosa para lograr una armonía biomimética.

**CITAS BIBLIOGRÁFICAS**

- <sup>i</sup> Goethe J.W.von: (1974), 1996: Goethe, "**Teoría de los colores**", Madrid. Obras completas, Aguilar Ed. pág .29
- <sup>ii</sup> Doczi, György (1996) "**El Poder de los límites**" Editorial Troquel pag.50
- <sup>iii</sup> Doczi, György (1996) ibídem, pág. 12.
- <sup>iv</sup> Doczi, György (1996) ibídem, pág. 16
- <sup>v</sup> Itten, Johanes, (2002) **El arte del Color** Editorial Limusa , pág. 72.
- <sup>vi</sup> Itten, Johanes, (2002) ibídem, pág. 46
- <sup>vii</sup> Itten, Johanes, (2002) ibídem, pág .84.
- <sup>viii</sup> Hambidge, Jay (1920) "**Dynamic Symmetry TheGreek Vase**" University Press New Haven Connecticut And New York City, pág. 7
- <sup>ix</sup> Itten, Johanes, (2002) Op. Cit.,26
- <sup>x</sup> Itten, Johanes, (2002) ibídem,19
- <sup>xi</sup> Lossada, Fernando (2012) **El Color y sus Armonías** Publicaciones Vicerrectorado Académico PVA ULA Venezuela. pág. 40
- <sup>xii</sup> Scott, r. (1979). "**Fundamentos del diseño editorial**", Barcelona: Víctor Ieru s.r.l. pág. 84.
- <sup>xiii</sup> Itten, Johanes, (2002) Op. Cit., 86
- <sup>xiv</sup> Itten, Johanes, (2002) Op. Cit., 84
- <sup>xv</sup> Albers, Josef "**Interacción del color**",Pag. 3 Editorial Alianza

**BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL**

- Arnheim, Rudolf: (1979) "**Arte Y Percepción Visual**", Madrid. Alianza Ed.
- Aznar Mínguez, Antonio "**Las formas del color**" Revista Iberoamericana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação ISSN: 1681-5653
- Christopher, Alexander (2003) "**The Nature of Order: An Essay on the Art of Building and the Nature of the Universe**", Routledge; 1 edition.
- Cuerva García, Gregorio Martín "**Media y Proporción en la expresión artística**". universidad de la Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/334054.pdf>
- Hambidge, Jay (1920) "**The Diagonal**" The Oxford University Press Amen Corner, E. C. 4. London.
- H. J. McWmNNm **Influences of the Ideas of Jay Hambidge on Art and Design** Department of Design, University of Maryland, College Park, MD 20742, U.S.A.
- Garau, Augusto (1993). "**Las Armonías del Color**". 2ª ed. Editorial: Paidós Iberica
- Kandinsky, Wassily (1998) "**De lo espiritual en el arte**",. Ed. Paidós. Barcelona.
- Marcolli, Atilio: (1978) "**Teoría del Campo**", Madrid. Curso de educación visual, XARAIT Ediciones y Alberto Corazón Editor.
- Martel, Ralph "**The Geometry In Art & Nature**" Performing and Creative Arts Dept. College of Staten Island (CUNY).

Recuperado de

[http://archiv.ub.uniheidelberg.de/artdok/4064/1/Martel\\_The\\_geometry\\_in\\_art\\_and\\_nature\\_2016.pdf](http://archiv.ub.uniheidelberg.de/artdok/4064/1/Martel_The_geometry_in_art_and_nature_2016.pdf)

Ostwald, W. (1993). "**Color Science**". London: Winsor & newton, ltd.

Richter, Gisela M. A. Source (1922) "**Dynamic Symmetry from the Designer's Point of View** " American Journal of Archaeology, Vol. 26, pp. 59-73 Archaeological Institute of America

Cleveland, Paul (2011) "**Colour and Dynamic Symmetry**"

[http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/46215/70834\\_1.pdf;sequence=1](http://www98.griffith.edu.au/dspace/bitstream/handle/10072/46215/70834_1.pdf;sequence=1)