

## TransSynaesthesia

Mapping, visualizing and materializing human synaesthesia to think and make multisensorial things.

**Daniela Frogheri, Profesor Titular**  
Universidad de Monterrey (UDEM), México  
daniela.frogheri@udem.edu

**Alberto T. Estévez, Catedrático y Vicerrector**  
ESARQ, the School of Architecture UIC Barcelona  
Universitat Internacional de Catalunya, España  
estevez@uic.es

### Abstract

This paper presents a study that comes from the idea to use human synaesthesia to think and make multisensorial things. The work was based on the principles of synaesthesia as sensory phenomenon and considering two kind of manifestation called grapheme-color and phoneme-color. The synaesthetic experiences were mapped developing codes, interfaces and devices, to generate digital data, that through Arduino were transmitted to material objects, and visualized with leds RGB. The synaesthesia, made sharable, tangible and experimentable by everyone, can be conceived as tool to generate complex associations between senses and as a natural source to understand and generate multisensorial things.

**Keywords:** Mapping; Code; Digital fabrication; Multisensory; Synaesthesia.

### Introducción

TransSynaesthesia es un proyecto de investigación que nace desde la idea de utilizar la sinestesia humana para pensar y hacer cosas. Si bien debe quedar claro desde el principio de estas líneas que este trabajo no quiere ser un estudio sobre la sinestesia en cuanto tal, ni pretende ser una herramienta para explicarla de manera científica. Existe hoy en día una vasta literatura al respecto, compuesta de conocimientos consolidados y de cuestiones todavía no resueltas que se presentan en forma de preguntas a debatir y a investigar. Sin embargo, la aproximación de dichos estudios es generalmente dirigida a la comprensión del fenómeno en sí, en sus causas y efectos, y en los patrones experimentados por las personas sinestésicas, y su realización requiere conocimientos y experiencia en el campo de la neurociencia y de la psicología. Pues, en este escrito, lo que se pretende es fomentar el entendimiento y el uso de la sinestesia como elemento propulsor de pensamientos y procesos creativos capaces de aprovechar al máximo las capas multisensoriales que caracterizan nuestra época.

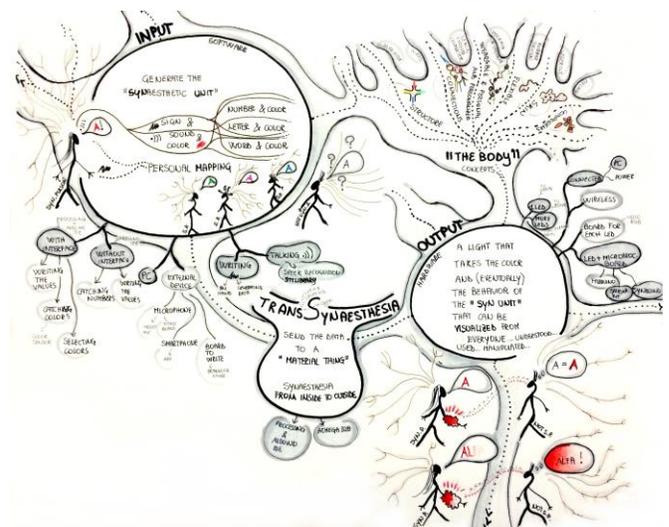
Hoy en día nos encontramos en un momento histórico donde la relación entre individuo y sociedad adquiere una complejidad hasta ahora nunca experimentada, caracterizada por el desarrollo extremo del individualismo, sea por el desarrollo, también extremo, de las conexiones entre individuos.

Estos dos aspectos aparentemente opuestos conviven y se complementan, construyendo realidades cada vez más personales y personalizables, pero también cada vez más reconfigurables y multifuncionales, compuestas de elementos tangibles e intangibles interconectados.

En este panorama, donde las capacidades singulares de las personas y de las cosas adquieren más valor y potencial al conectarse con los y lo demás, y donde los objetos

materiales que pensamos, hacemos y utilizamos son cada vez más multisensoriales, se empezó a pensar en la sinestesia humana como recurso natural para comprender e idear elementos complejos.

El término sinestesia, que significa unión de sentidos, se utiliza en varios campos, entre otros, en retórica, psicología y neurología. En este *paper* se tomará en cuenta principalmente su acepción de fenómeno sensorial (Fig.1).



**Figura 1:** Daniela Frogheri, Esquema de la estructura general de la investigación

Fue Francis Galton el primero en reportar la condición llamada sinestesia, el año 1880. Él notó que un cierto número de personas, completamente normales para todo lo demás, parecían tener la peculiaridad de experimentar sensaciones de múltiples modalidades en respuesta a la

estimulación de una sola modalidad. Por ejemplo, las notas musicales podían evocar diferentes colores: el Do puede ser rojo y el Fa azul, o el número 5 impreso *aparece* siempre verde, mientras el 2 aparece rojo. La evidencias de los estudios recientes sugieren que la sinestesia es un verdadero fenómeno sensorial, y no una asociación de memoria de alto nivel (Ramachandran y Hubbard, 2001a, 2001b, 2003).

Existen una gran variedad de tipos de sinestesia, algunas más frecuentes que otras y con diferentes intensidades, cuya clasificación todavía no está cerrada. Sin embargo todas tienen algo en común y es lo de provocar en las personas sinestésicas percepciones sensoriales múltiples entre los varios sentidos, que se unen entre ellos, convirtiéndose en una cosa sola, más compleja que la suma entre los mismos considerados por separado.

El estudio de la sinestesia es un terreno muy extenso donde existen todavía muchas cuestiones no resueltas y varias discrepancias, por supuesto fundamentales para el conocimiento de la sinestesia en sí, pero de escasa relevancia para la presente investigación. Por lo tanto, para desarrollar el trabajo se concentró la atención sobre unos temas puntuales que emergen de los estudios, y que fueron el motor de la investigación.

El primero es que, aunque se dice que sólo un cierto porcentaje de la población mundial es sinestésica, se debaten ideas como la de que la sinestesia sea propia de todos los seres humanos hasta una cierta edad, y que se mantiene sólo en algunos, o que estando presente en todos se manifiesta de manera más o menos pronunciada según la persona, supuestamente debido a una serie de factores que van desde la presencia de hiperconexiones neuronales (Hubbard y Ramachandran, 2003; Hubbard et al., 2005a; Ramachandran y Hubbard, 2001a, 2001b) hasta la influencia de los medios de comunicación y los tipos de tecnología más o menos multisensorial (McLuhan, 1962).

El segundo es que se ha podido averiguar una fuerte conexión entre la sinestesia y la creatividad: muchos artistas, pertenecientes a diferentes disciplinas, periodos históricos y lugares, fueron y son sinestésicos (Ramachandran y Hubbard, 2001), entre ellos innumerables ejemplos famosos.

Desde los estudios, surge también la cuestión sobre la existencia y la posible intersección entre factores innatos y adquiridos de la sinestesia: argumento entre los más vivos de las investigaciones actuales (Ramachandran y Hubbard, 2001)

De estas cuestiones emerge en primera estancia que la multiplicidad sensorial existe, es una característica del ser humano, experimentada de manera espontánea por algunos y potencialmente comprensible para todos. Sin embargo, por la naturaleza de sus manifestaciones, tiende a ser algo íntimamente personal, inmaterial y no compartido en cuanto tal, quedándose en la esfera individual. Además, la manera actual y común de concebir los sentidos y las percepciones

sensoriales es generalmente reductiva, ya que se suelen considerar como entidades separadas. Por otro lado se evidencia que la idea de fomentar la creatividad a través de la sinestesia no es un concepto forzado, ya que tiene una larga gama de precedentes en el mundo del arte, pero que han pasado y pasan hasta ahora sin demasiado conocimiento de causa de dicha sinestesia.

Nuestro presente multidimensional y multisensorial, la naturaleza de los actuales medios de comunicación y los avances de la tecnología, así como predijo Marshall McLuhan hace varias décadas (1962), nos obligan a enfrentarnos con una realidad, donde la percepción de lo existente y la elaboración de lo nuevo involucran todos los sentidos, a menudo en conjunto, y por lo tanto con la necesidad de conocer y dominar la multiplicidad.

La sinestesia, vista como fuente directa de conexión entre entidades de diferente naturaleza, se convierte en un recurso para generar asociaciones complejas que se pueden utilizar para interpretar lo existente o como nuevas herramientas de diseño.

La presente investigación, llamada TransSynaesthesia, donde *trans* significa a la vez *transmitir* e ir más allá, pretende fomentar un mayor conocimiento de la sinestesia, sacándola desde la esfera puramente individual e inmaterial hacia una dimensión compartida y material (Fig.1).

Hasta la fecha, el trabajo consistió en desarrollar una herramienta para mapear digitalmente la sinestesia personal, convirtiendo las percepciones en datos, y visualizarla. Y una segunda cuestión fue experimentar algunas posibilidades de uso, gracias a la realización de dispositivos materiales fabricados digitalmente. Se considera así este resultado como la primera fase de la investigación, donde se ha experimentado con un tipo específico de sinestesia, y donde la visualización y materialización se realizó con luz.

La idea es extender el programa de mapeo a otros tipos de sinestesia y estudiar maneras más avanzadas para visualizarla y transmitirla al mundo tangible. No sólo para aplicarla al diseño de dispositivos específicos, sino para utilizarla como una nueva herramienta, con la cual tanto las personas sinestésicas como las no-sinestésicas puedan comprender, dominar y generar entidades multisensoriales. En este *paper* se presentarán y discutirán los pasos realizados y los resultados obtenidos hasta la fecha, evidenciando puntos fuertes y áreas de oportunidad para el futuro.

## Procesos metodológicos

El reto principal del trabajo fue desarrollar un dispositivo capaz de generar un input sinestésico digital y transmitirlo a un dispositivo material a través del cual se pudiera visualizar la sinestesia, como asociación o en términos de comportamiento.

El trabajo nació en el 2015 inicialmente como proyecto del Fab Academy, curso que pertenece al contexto de los Fab Labs y del concepto del *How to make (almost) anything* ideado por Neil Gershenfeld. Todo ello caracterizado por un fuerte componente experimental y la intención de fomentar la innovación y el desarrollo de tecnologías avanzadas a través del diseño integral de dispositivos y objetos materiales, explorando técnicas de programación y fabricación, llevando al límite la imaginación y la creatividad personal.

En parte por la estructura del Fab Academy, en parte por la naturaleza del proyecto, el trabajo se organizó según un esquema de *input-output* donde las percepciones sinestésicas se mapeaban en el entorno digital para convertirse en datos de entrada transmitidos en salida a un dispositivo material a través de un *Arduino* u otro PCB, que permitía su visualización gracias a leds RGB y la exploración de sus posibilidades de uso gracias a la fabricación digital objetos materiales.

Si en un inicio la idea era la de desarrollar una herramienta capaz de mapear cualquier tipo de sinestesia existente, por cuestiones logísticas se decidió delimitar el campo de trabajo seleccionando la percepción sensorial que asocia números, letras del alfabeto y palabras a colores a través de la sinestesia grafema-color y fonema-color. Tal selección fue motivada por ser dichas formas de sinestesia las formas más comunes y más documentadas, lo que permitió acceder de manera directa a personas sinestésicas para mapear y visualizar sus percepciones sensoriales.

La sinestesia que asocia números, letras del alfabeto y palabras a colores es en general de tipo unilateral: desde un grafema o un fonema mueve hacia un color. Al escribir, leer o pronunciar un número, una letra o una palabra, la persona sinestésica percibe también su color, que será siempre el mismo, mientras varía de persona a persona. Otra variación subjetiva es lo que se puede llamar *comportamiento* del color, que se puede presentar fijo y definido, difuminado o móvil.

En la primera etapa se realizaron las herramientas para el mapeado y la visualización de dichas características a través de códigos e interfaces realizados con *Processing*, *Arduino IDE*, un *Arduino* físico y un led RGB. Se desarrollaron varios códigos, basados en los tipos de correspondencias entre grafema o sonido y color. Cada uno de los cuales fue la evolución del precedente, lo cual implicó una primera catalogación y organización de las manifestaciones sinestésicas según su nivel de sencillez o complejidad, desde lo más específico hasta un nivel cada vez más elevado de flexibilidad y con posibilidad de variación, que permitieron obtener al final un único código abierto capaz de expresarlas todas.

La segunda etapa se enfocó en el desarrollo de los dispositivos físicos para la visualización de los datos de salida: diseño y fabricación de una placa PCB basada en los principios del *Arduino* y de los elementos para su conexión con los leds, y con la construcción de dos tipos de cuerpo,

fabricados digitalmente y conectados con los inputs sinestésicos a través de los leds RGB. El primero en forma de piel flexible realizada con moldes y corte láser, y el otro configurado como red, cuyos componentes fueron ruteados e impresos en 3D.

## Resultados

### Input y primera materialización

Desde el inicio del trabajo fue muy claro que, para poder pensarse la utilización de la sinestesia como recurso para idear y hacer cosas multisensoriales, antes que nada era necesario hacer más entendible para todos el concepto de sensación múltiple, experimentado por los sinestésicos y generalmente incomprensible por los demás. Siendo la parte más complicada a explicar aquella condición donde la estimulación de una modalidad sensorial causa experiencias en una segunda modalidad sensorial no estimulada, se decidió hacer un dispositivo a través del cual se pudiera de cierta manera simular la experimentación del fenómeno.

En el caso de la sinestesia grafema-color, al leer un número, una letra o una palabra, la persona sinestésica percibe un color (generalmente dice que lo ve). De la misma manera, cuando se trata de sinestesia de tipo fonema-color, el color se percibe al escuchar el número, la letra o la palabra. El estímulo inicial por lo tanto en estos casos es el signo escrito o el sonido, mientras el no estimulado, es la visión del color que corresponde. La sensación múltiple es una unidad compuesta por dos elementos, grafema+color o fonema+color, provocada por el primero, en orden.

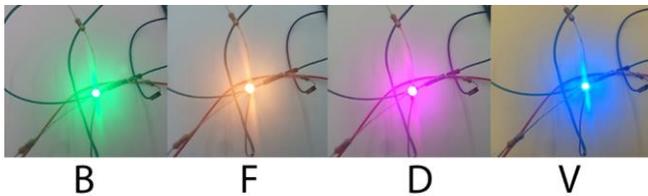
Si la persona sinestésica al leer, escribir o escuchar, procesa de manera natural un color en su mente, se pensó que asociando un texto escrito o un sonido a un color que se pudiera visualizar, por ejemplo a través de una luz capaz de cambiar de tono, se simularía dicha sensación de manera artificial. En base a estas consideraciones, se formuló el concepto de Unidad Sinestésica, como entidad compuesta de dos modalidades sensoriales sencillas, que pasado al entorno digital y conectado con un led RGB a través de *Arduino*, permitió la simulación de las sensaciones múltiples grafema-color y fonema-color.

Para poder desarrollar el trabajo se pasó desde lo particular a lo más general: en un inicio se catalogaron y mapearon las sensaciones múltiples de una persona sinestésica, gradualmente desde sencillas a complejas, considerando como sencillo lo fijo y complejo lo variable. La persona considerada asocia grafemas y fonemas a colores, así que al leer, escribir o pronunciar un número, una letra o una palabra, visualiza colores. En ambos casos sus percepciones se manifiestan con tres tipos de variaciones: los colores pueden ser fijos, dinámicos degradados desde un tono hacia el blanco, o dinámicos en variación entre dos tonos distintos.

Basado en dichas percepciones y su organización se escribieron una serie de códigos con *Arduino IDE* y *Processing*. Cada uno de los cuales fue la evolución del precedente con la introducción de más posibilidades de

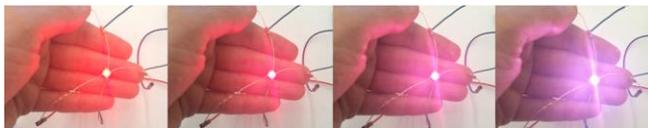
variación y flexibilidad, pasando por lo tanto desde el estado de representación específica de la sinestesia de una persona singular, a la posibilidad de mapear la sinestesia de cualquier persona, o generar asociaciones de manera intencional y visualizarlas a través del led RGB.

En el caso grafema-color-fijo, la Unidad Sinestésica digital se compuso por la asociación de un carácter alfanumérico, que en términos de códigos se presentan como variables de tipo *int* o *char*, según se trate de números o letras, con una función de color en modalidad RGB, cuyos valores una vez mapeados, se quedaban fijos. Para el caso grafema-color-oscilante entre tonos, se modificaron simplemente los valores de la función de color de constantes a variables, asignando los tonos correspondientes. Estas dos primeras versiones sirvieron para simular las sensaciones múltiples de los colores de los números y de las letras del alfabeto (Fig.2).



**Figura 2:** Daniela Frogheri, Visualización con led RGB de la simulación de la sensación múltiple grafema-color de letras del alfabeto mapeadas.

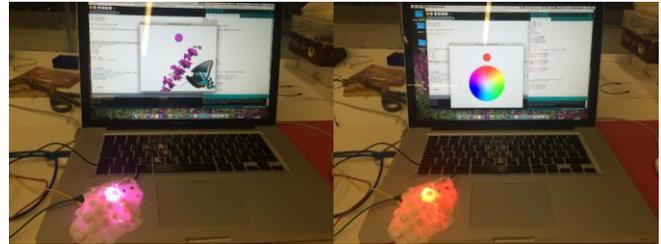
En el caso de las palabras, la sensación experimentada por la persona sinestésica tomada en cuenta es más compleja: la palabra adquiere en un inicio el color de la primera letra, para después degradar de manera dinámica hacia el blanco. En este caso la Unidad Sinestésica conectaba una variable de tipo *string* con la función de color en modalidad RGB, cuyos valores eran unas variables compuestas a su vez de funciones para controlar el paso desde el tono inicial hacia el blanco, a través de operaciones lógicas que vinculaban dicho cambio de tono de manera proporcional con la cantidad de letras de la palabra, simulando no sólo los colores sino su comportamiento dinámico (Fig.3).



**Figura 3:** Daniela Frogheri, Visualización con led RGB de la simulación de la sensación múltiple grafema-color de la palabra *alfa* mapeada.

En estos primeros tres casos, el usuario mapea sus asociaciones, generando sus unidades sinestésicas escribiendo directamente en los códigos. Después del primer mapeo, al escribir el número o la letra, un led RGB conectado a través de un *Arduino*, se enciende y adquiere el color correspondiente sea este fijo o variable, experimentando por lo tanto la sensación de provocar un color a través de un grafema.

La dificultad causada por tener que generar las Unidades Sinestésicas iniciales escribiendo en el código, evidenció la necesidad de desarrollar una interfaz para que el usuario pudiera mapear su sinestesia de manera más inmediata. A tal fin se realizó una interfaz, en *Processing* con *Arduino*, que permitía mapear los colores asociados a un número o a una letra seleccionándolos desde una imagen, sin tener que buscar sus valores RGB. Así como en las primeras versiones, utilizando la misma estructura, después del mapeo inicial, al escribir el usuario números, letras o palabras, provoca el encendido del led, su tono y comportamiento estático o variable (Fig.4).

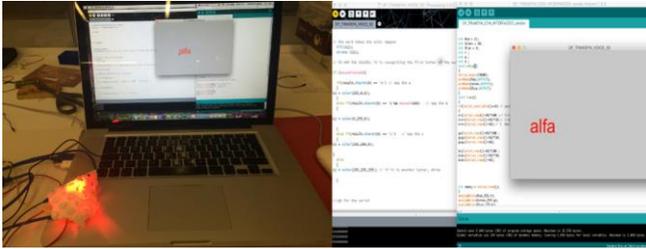


**Figura 4:** Daniela Frogheri, Mapeo con interfaz

Para los casos fonema-color, la intención desde el inicio fue de desarrollar un dispositivo a través del cual el usuario, después del mapeo, al pronunciar una letra o una palabra provocara el tono correspondiente del led RGB en tiempo real.

Al principio se pensó en generar la Unidad Sinestésica utilizando un micrófono y un sensor de voz, y mapeando las frecuencias para asociarlas después a funciones de color a través de los códigos precedentes. Sin embargo, desde las primeras investigaciones sobre el tema, emergió que, discriminar y mapear fonemas usando frecuencias, y además hacerlo en tiempo real, era algo mucho más complicado que digitar un carácter alfanumérico. Esto requería tiempos y conocimientos que no entraban en la investigación de aquella etapa. Así se entendió que lo que se necesitaba, más que un sistema de grabación, se acercaba más al reconocimiento de voz. De esta última consideración surgió la idea de utilizar una librería de reconocimiento de voz existente, escrita en *Processing*, que además de recibir sonidos en tiempo real los convertía en textos que se conectaban con los códigos ya realizados para los casos grafema-color.

Lo que se obtuvo fue muy cercano a lo que se buscaba: un dispositivo con el cual el usuario, a través de la estimulación de una modalidad, fuese esta escribir o pronunciar un número, una letra o una palabra, provocaba otra modalidad no estimulada, o sea la manifestación del color de aquel número, letra o palabra. Esta vez no como manifestación perceptiva interior, inmaterial y personal, sino externa, material y condivisible entre más de una persona (Fig.5).



**Figura 5:** Daniela Frogheri, Simulación de la sinestesia fonema – color

### Output y retroalimentación

La visualización del color a través del led RGD fue el primer paso hacia el pasaje desde lo inmaterial a la materia y la generación de un dispositivo de salida. Dicho pasaje se realizó en un inicio a través de un *Arduino*, conectado con cables a un simple led. Sucesivamente se pasó a materializaciones más elaboradas, una en forma de piel y la otra en forma de red de elementos conectados. Dichos objetos, más que para cumplir funciones específicas, fueron pensados con la intención de experimentar las sensaciones de color de números, letras y palabras, tanto fijas como dinámicas en conformaciones materiales. Sin embargo, justo por su conexión con la luz, terminaron por parecerse a lámparas flexibles, sencillas y compuestas.

En el primer estudio, se fabricaron digitalmente varias opciones de pieles flexibles de silicón, de diferentes grosores y con varias texturas, realizadas con moldes routeados y grabados con láser, conectadas con cables al *Arduino* y a un único led RGB. (Fig.6).



**Figura 6:** Daniela Frogheri, Estudio de materialización: pieles de silicón.

Para la segunda materialización se realizó una red compuesta por pequeños elementos, fabricados digitalmente y conectados entre ellos a través de hilos conductores. Cada uno de ellos consistía en una pequeña placa PCB fabricada con una *CNC milling machine* (Fig.7).



**Figura 7:** Daniela Frogheri, Estudio de materialización de tipo red: armado de elementos

Y los componentes electrónicos, basados en la estructura del *Arduino*, permitieron la transmisión de los datos a varios leds RGB, insertados cada uno en un cuerpo impreso en 3D, estos últimos también parte de la red (Fig.8).



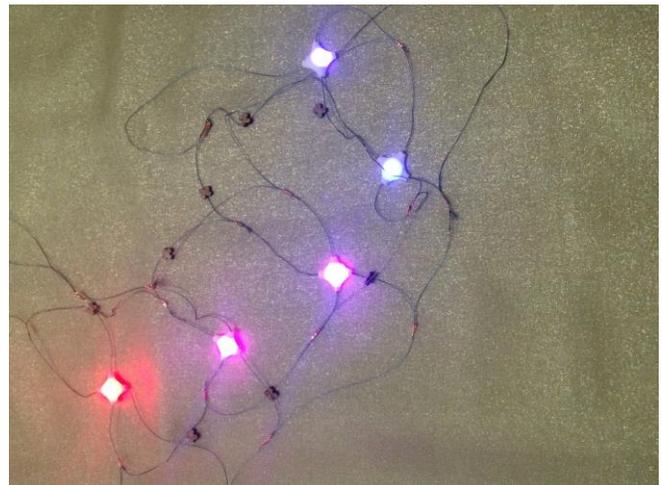
**Figura 8:** Daniela Frogheri, Estudio de materialización: red de elementos con leds RGB

En ambos casos las luces se encendían y cambiaban de color al escribir o pronunciar números, letras o palabras, de manera fija o variable según el mapeo realizado.

Así, además de los resultados físicos de dichas materializaciones, la parte más interesante de esta etapa de la investigación fue la retroalimentación debida a las conformaciones físicas de los objetos, que en algunos ejemplos modificaron los patrones de comportamiento programados desde los códigos, generando variaciones en relación a lo que se había mapeado.

En el caso de la red, los varios leds conectados en serie recibieron la corriente con variaciones de intensidad y en tiempos diferentes, según la posición y la longitud de la conexión. Y en el caso de la visualización de colores fijos, los leds, como imaginado, tomaron el mismo tono, pero con diferente intensidad.

Mientras que en el caso de las visualizaciones dinámicas, donde al escribir o pronunciar una palabra la luz se degradaba desde el tono inicial hacia el blanco, dicha variación no pasó de manera sincronizada como era de esperar, sino en tiempos diferentes en cada led (Fig.9), provocando un degradado mucho más complejo del que pretendía simular la percepción sinestésica.



**Figura 9:** Daniela Frogheri, Variación de tonos no sincronizada: leds RGB conectados en serie

Esta retroalimentación de la materia, que si bien considerada bajo el punto de vista de la simulación de una sensación

sinestésica determinada es un error técnico, vista a la luz de la intención de propulsar la comprensión de las sensaciones múltiples al fin de generar ideas y artefactos multisensoriales, fue la primera demostración de que el entendimiento de la sinestesia puede realmente ser la base para entender, idear y hacer cosas multisensoriales, ya que sin alejarse del concepto de lo que se quería simular, yendo más allá de la representación fiel del fenómeno, lo enriqueció, suscitando nuevas posibilidades de asociación, metáforas e ideas.

## Conclusiones

Lejos de ser una mera curiosidad, la sinestesia puede proporcionar una ventana a la percepción, al pensamiento y al lenguaje (Ramachandran y Hubbard, 2001). Y uno de los retos principales de la investigación fue hacer que la sinestesia no sólo se pudiera de cierta manera trasladar desde adentro hacia fuera, y al mundo de las cosas materiales, sino que además se pudiera *compartir*.

Con el desarrollo de los códigos y con su conexión con el led RGB se cumplió el primer paso hacia dichos objetivos, ya que el proceso de provocar el encendido y la toma de color de la luz con el acto de escribir o hablar ya no es algo interno al individuo, sino una sucesión de acciones externas, que, para poderse realizar necesita elementos materiales, tales como ordenador, microprocesadores, componentes electrónicos, leds, etc. Y tales acciones pueden ser realizadas de manera privada o en público: el individuo que escribe es uno, pero el color puede ser visualizado por más de una persona al mismo tiempo.

Estos pasos desde lo interior personal a lo exterior compartido, desde lo invisible a lo visible, y desde lo inmaterial a la materia, a pesar del riesgo de parecer una rara mezcla entre la sinestesia entendida como fenómeno sensorial, su representación digital y física, y la acepción retórica de la misma en cuanto metáfora, se consideran en realidad como los puntos más prometedores de la investigación, ya que abren una gama de posibilidades hacia un concepto de sinestesia, que, enfocado en su capacidad de provocar asociaciones, saliendo de su carácter meramente autorreferencial, se inicia su consideración como elemento propulsor de ideas.

Los avances en el campo del mapeo y de la visualización de datos, posibles gracias a la computación, nos muestran cada día estructuras y taxonomías que, al provocar asociaciones antes desconocidas o puntos de vista inusuales, estimulan interpretaciones de lo existente y nuevas elaboraciones, inimaginables sin dichos mapeos o visualizaciones. El transcurso de la sinestesia desde la esfera individual a algo divisible y compartido, ya sea por los sinestésicos mismos como por las personas no sinestésicas, contiene en sí todo aquel enorme potencial de desarrollo y evolución que adquieren las cosas al hacerse compartidas, colectivas y conectivas, haciéndola pasar a otra dimensión en cuanto a su comprensión y en cuanto a su uso intencional.

Con la transmisión desde el mundo inmaterial a dispositivos materiales, la manifestación sinestésica, adquiere nuevas

características debidas a la retroalimentación proporcionada por la conformación de dichos dispositivos y de la materia. Y por otro lado, de fenómeno instantáneo y volátil se convierte en algo que permanece, y que por lo tanto se puede observar y mentalizar más detenidamente.

Si bien los códigos y los dispositivos desarrollados en esta etapa son todavía un poco rudimentarios, lo cierto es que funcionan. Y pueden considerarse como la versión beta del trabajo y las premisas para una segunda fase, actualmente en proceso de estudio y realización, cuyos retos principales son: desarrollar un código o una aplicación con la cual se pueda mapear cualquier sinestesia existente, o generar unidades sinestésicas de manera intencional, a través de módulos básicos que consisten en las modalidades sensoriales básicas que se puedan conectar entre ellas. Y con modificadores, a través de los cuales se puedan definir parámetros de asociación y variación. A la vez que debe perfeccionarse el tránsito de los datos a los dispositivos físicos, ya que en esta primera etapa las conexiones se realizaron todas de manera alámbrica. Lo cual condicionó las conformaciones de las materializaciones y las posibilidades de uso de las mismas. Deberá igualmente experimentarse con otras personas, invitándolas a idear y realizar dichos dispositivos.

## Referencias

- Bottero, J. y Otros. (1995). *Cultura, pensamiento, escritura*, Barcelona, España: Editorial Gedisa S.A.
- Briggs, A., Burke, P. (2002). *De Gutenberg a Internet: Una historia social de los medios de comunicación*, Madrid, España: Santillana Ediciones Generales SL
- Callejas, A. y Lupiáñez, J. (2012) *Sinestesia: El color de las palabras, el sabor de la música, el lugar del tiempo...* . Alianza Editorial.
- Callejas, A. y Lupiáñez, J. (2006). *Los colores de mis letras: sinestesia grafema-color*. En M.J. Contreras, J. Botella, R. Cabestredo y B. Gil (Coords.) *Lecturas de Psicología Experimental*. Madrid: UNED.
- Callejas, A., Acosta, A y Lupiáñez, J. (2007). *Green love is ugly: emotions elicited by synesthetic grapheme-color perceptions*. *Brain Research*
- Calvet, J L. (1996). *Historia de la escritura, de Mesopotamia hasta nuestros días*. Barcelona, España, Paidós Iberica
- Catach, N. (Compiladora). (1988). *Hacia una teoría de la lengua escrita*. Barcelona, España: Editorial Gedisa S.A.
- Cavalli Sforza, L. (2001). *Genes, Pueblos y Lenguas*. Barcelona, España, Editorial Crítica S.L.
- De Kerckove, D. (1987). *Inteligencias en conexión: hacia una sociedad de la web*. Teleservicios Editoriales SL. Primera edición, Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- De Kerckove, D. *La piel de la cultura: investigando la nueva realidad electrónica*. Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- De Vos C., De Kerckove, D. (2013). *Ecrit-Ecran: tomos 1,2,3*; Paris, France: L'Harmattan.

- Elliott, D., & Elliott, R. (1980). *El control popular de la tecnología*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Foucault, M. (1966) *Le parole e le cose*". Seconda edizione, Milano, Italia: BUR Supersaggi.
- Galton, F. (1880), 'Visualised numerals', *Nature*, 22, pp. 494–5.
- Gershenfeld, N. (1999). *When Things Start to Think*, New York, USA: Henry Holt and Company Inc.
- Gershenfeld, N. (2007). *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop--from Personal Computers to Personal Fabrication*. Basic Books.
- Hubbard, E.M., Ramachandran, V.S. (2005). Neurocognitive Mechanisms of Synesthesia. *Neuron*, Vol. 48, 509–520.
- Lupiáñez, J. y Callejas, A. (2006). Automatic perception and Synaesthesia: evidence from colour and photism naming in a Stroop-Negative Priming task. *Cortex*
- Mcluhan, H. M. (1964) *Gli strumenti del comunicare: mass media nella società moderna*. Milano, Net.
- Mcluhan, H. M., & Powers, B. R. (1996). *La aldea global: transformaciones en la vida y los medios de comunicación mundiales en el Siglo XXI*. Barcelona: Gedisa
- Mcluhan, H.M. (1995). "La Galaxia Gutemberg". Barcelona: Planeta Agostini.
- Mumford, L. (2000). *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza.
- Pinker, S. (2004). *El instinto del lenguaje*, Madrid, España, Alianza Editorial S.A.
- Ramachandran, V.S. (2004). *A Brief Tour Of Human Consciousness: From Impostor Poodles To Purple Numbers*, Pi Press
- Ramachandran, V.S. (1999). *Phantoms In The Brain*, William Morrow Paperbacks
- Ramachandran, V.S. and Hirstein, W. (1999), 'The science of art: A neurological theory of aesthetic experience', *Journal of Consciousness Studies*, 6 (6–7), pp. 15–51.
- Ramachandran, V.S., and Hubbard, E.M. (2001a). Psychophysical investigations into the neural basis of synaesthesia. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 268, 979–983.
- Ramachandran, V.S., and Hubbard, E.M. (2001b). Synaesthesia: a window into perception, thought and language. *J. Consciousness Stud.* 8, 3–34.
- Ramachandran, V.S., and Hubbard, E.M. (2003). The phenomenology of synaesthesia. *J. Consciousness Stud.* 10, 49–57.
- Smilek, D., Callejas, A., Dixon, M.J. y Merikle, P.M. (2007). Ovals of time: time-space associations in synaesthesia. *Consciousness and Cognition*
- Wollen, K.A., and Ruggiero, F.T. (1983). Colored-letter synaesthesia. *J. Ment. Imagery* 7, 83–86.