



**UNIVERSIDAD DE JAÉN**  
*Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación*

## Trabajo Fin de Grado

# Sinestesia

**Alumno/a: Rebeca Adán Godoy**

Tutor/a: José María Colmenero Jiménez  
Dpto: Psicología

**Junio, 2017**

## SUMARIO

1.	Resumen.....	2
	Abstract.....	2
1.1.	¿Qué es la sinestesia? .....	3
2.	Características, modalidades, manifestaciones y prevalencia de la sinestesia. ....	4
3.	Descripciones de algunas sinestias menos frecuentes y algunos estudios relevantes. ....	11
3.1.	Sinestesia gustativo-táctil .....	11
3.2.	Sinestesia temporo-espacial.....	11
4.	Evaluación .....	12
5.	Teorías explicativas y modelos: las distintas posturas en el estudio del fenómeno sinestésico.....	13
5.1.	Modelo Psicológico asociativo.....	13
5.2.	Modelo neurobiológico.....	14
5.3.	Modelos funcionales.....	15
5.4.	Modelos estructurales .....	16
5.5.	Modelos integradores. ....	16
6.	Neurociencia en la sinestesia .....	17
7.	Conclusiones.....	20
8.	Anexos: .....	23
	A Figuras .....	23
9.	Referencias bibliográficas: .....	26

# 1. Resumen

En el presente estudio se llevará a cabo una revisión teórica sobre la Sinestesia, un fenómeno estudiado desde hace más de 200 años hasta la actualidad. El periodo seleccionado para su posterior revisión han sido los últimos 20 años. Se indagará en su definición, los acontecimientos ocurridos a lo largo de su historia, los distintos tipos de sinestesia descubiertas hasta la fecha, su prevalencia en la población, cómo la genética ha influenciado sobre éste fenómeno, la aparición de modelos que postulaban y defendían hipótesis a lo largo de su historia. Por otra parte, se revisarán los procedimientos para su evaluación y cómo se miden estas experiencias, así como ha influenciado su estudio en el ámbito de la neurociencia relacionado con el modo en cómo percibimos el mundo a través de los diferentes sentidos.

Palabras clave: sinestesia, color, genética, herencia, música, olor, percepción.

## Abstract

In the present study a theoretical review will be carried out on synesthesia, a phenomenon studied for more than 200 years until the present time. The period selected for further review has been the last 20 years. It has been investigated in its definition, the events that occurred throughout its history, the different types of synaesthesia discovered to date, their prevalence in the population, how genetics has influenced the phenomenon, the appearance of models that postulated and defend the hypothesis a length of its history. On the other hand, to review its diagnosis and how these experiences are measured, as well as the impact provoked in neuroscience. With the ultimate goal of being able to know and understand how they perceive the world with the senses.

Key words: synesthesia, color, genetic, inheritance, music, smell, perception.

## 1.1. ¿Qué es la sinestesia?

La palabra sinestesia proviene del griego (  $\upsilon$ ; -[syn], "junto", y [ aistesía ] , "sensación"). De acuerdo con su raíz etimológica, la sinestesia hace referencia al hecho de que se perciban conjuntamente varias modalidades sensoriales en un mismo acto perceptivo o estímulo. En general, la sinestesia es un tipo de experiencia de carácter perceptivo en la cual la persona tiene sensaciones de una modalidad sensorial añadida y distinta a la que habitualmente induce el estímulo. En neurofisiología, la sinestesia es la experiencia conjunta o interferencia de varios tipos de sensaciones diferentes en un mismo acto perceptivo. Así, por ejemplo, un sinésteta puede percibir un sabor al tocar una textura rugosa, ver un color al leer una palabra o número, escuchar colores, etc (cit. en Melero, 2015).

El primer caso sobre sinestesia que aparece debidamente documentado data de 1812. Dicho trabajo está firmado por Georg Tobias Ludwig Sachs, un doctor de origen austriaco que escribió un par de páginas sobre su albinismo y el de su hermana y también hizo mención a sus sinestesias, explicando lo que le sucedía en las distintas experiencias de palabra-color, secuencias coloreadas y música-color (cit. en Alfayate, 2013).

En el año 1895, Mary W. Calkins publicó el primer artículo científico con la palabra sinestesia empleada con el significado que posee actualmente. Aunque Mary W. Calkins fuese la primera autora que dio nombre a la sinestesia, durante mucho tiempo se creyó que la primera referencia científica sobre la sinestesia fue realizada por Galton en su artículo de 1880 "*Visualised numerals*", publicado en la revista *Nature*. En este trabajo indicaba que era la genética la causante de la capacidad que tenían algunas personas de percibir secuencias numéricas en base a una configuración espacial dada. A principios de los años XX, los trabajos sobre sinestesia fueron escasos a causa de la corriente conductista (cit. en Melero, 2015).

En la década de los 80, R. Cytowic describió minuciosamente las experiencias sinestésicas de un sujeto con los sabores, el sonido y el color. De hecho, este trabajo fue considerado como el primer estudio experimental, al menos desde el renacimiento, interesado en la sinestesia (cit. en Callejas y Lupiañez, 2012).

En las últimas décadas, el estudio de la sinestesia ha cambiado. Así, se considera la sinestesia como un fenómeno que puede ser estudiado empíricamente y cuya "realidad" está demostrada. Para su investigación, se utilizan técnicas experimentales de imagen cerebral en las que es posible examinar la actividad cerebral en el mismo momento en que los individuos

están viviendo la experiencia sinestésica. En este sentido, se ha enfatizado la importancia de la sinestesia a la hora de conocer el funcionamiento de las redes neuronales implicadas en los distintos sentidos (cit. en Melero, 2015). Además, ha mejorado la conciencia a nivel social sobre este fenómeno, pues durante mucho tiempo se ha sido considerada como un fenómeno paranormal o anecdótico. De hecho, la mayor parte de la población cree erróneamente que la sinestesia es una enfermedad, pues es frecuente que la mayoría de los medios informativos la describan como una alteración, deficiencia, etc. (Alfayate, 2013). Sin embargo, no se trata de una enfermedad, pues el diccionario Real Académico Español define enfermedad como alteración más o menos grave de la salud. *El manual diagnóstico de enfermedades mentales (DSM-V) indica que para poder diagnosticar un trastorno es necesario tener los síntomas pertenecientes a una enfermedad específica y que dicha enfermedad afecte en la vida diaria y con el medio que le rodea. Por tanto, la sinestesia no cumple con los criterios diagnósticos descritos anteriormente*” (cit. en Callejas y Lupiáñez 2012). Por ello, no se debe tener preocupación alguna (cit. en Callejas, 2012).

Las numerosas investigaciones publicadas en los últimos 20 años han fomentado la creación de diversas asociaciones (por ejemplo, en Estados Unidos y Reino Unido), la celebración de numerosos congresos, donde se reúnen distinto tipo de investigadores con objeto de analizar los avances científicos y los casos narrados por estas personas. En España no existe una asociación de sinestesia tal y como se celebra en Estados Unidos o Reino Unido, pero la fundación Artecittá desde el año 2005 realiza congresos internacionales de máximo nivel (Callejas, 2012).

## **2. Características, modalidades, manifestaciones y prevalencia de la sinestesia.**

La experiencia sinestésica (también llamada “concurrente”) es percibida de manera consciente y de forma simultánea al estímulo que no provoca esa experiencia sensorial (estímulo elicitor o “inductor”). La experiencia del concurrente aparece de forma automática e involuntaria de modo que no pueden ser reprimirlas, porque simplemente sucede (cit. en Melero, 2015).

Las sensaciones sinestésicas tienen un carácter perceptivo y no están basadas en la memoria (Callejas, 2006). Cada sinésteta experimenta las asociaciones de manera particular, por lo que algunos perciben varias modalidades y otros una sola modalidad (Melero, 2015). De hecho, algunos sinéstetas pueden percibir en dos o más modalidades distintas ante un sólo

estimulo. Así, según Day (2005), la mitad de los sinéstetas experimenta sinestesia en más de una modalidad sensorial distinta (por ejemplo, los sinéstetas “léxicos” experimentan fotismos al ver, imaginar, oír o pensar en letras o números.). Un fotismo es la experiencia originada o desencadenada por el estímulo inductor (un grafema, una persona, un olor, un sonido, etc. (cit. en Matej, 2006).

En el caso de que dos personas experimenten un determinado tipo de modalidad de sinestesia (por ejemplo, grafema-color), no perciben con las mismas características ni tienen la misma respuesta ante el estímulo elicitor o inductor. Así, por ejemplo, dos personas con sinestesia grafema-color pueden ver las distintas letras y números con colores diferentes y puede que no todas las letras o números posean un color. Además, los emparejamientos que realizan los sinéstetas son duraderos y estables, tal y como hallaron Baron-Cohen y colaboradores (1987) quienes estudiaron las asociaciones de colores-palabras, dígitos y fonemas entre la población sinestésica a lo largo de dos meses y dos semanas. Estos autores encontraron una consistencia de los resultados tanto en el primer test como el último de un valor del 100% (la consistencia indica la estabilidad y fiabilidad sobre el objetivo que se estudia). Otra característica de la sinestesia es su constancia en el tiempo. Así, la mayoría de estas personas dicen experimentarla desde que “tienen uso de razón” o tienen sus primeros recuerdos. Es decir, un sinésteta tendrá estas experiencias a lo largo de su vida, pues no se trata de un fenómeno efímero y puntual (cit. en Callejas y Lupiáñez, 2012).

Las experiencias sinestésicas son de carácter sencillo y genérico, y suelen ir acompañadas de un componente emocional, pues la experiencia está asociada a un fuerte convencimiento de que lo experimentado es real (cit. en Callejas, 2006). Ward (2004) postula que la emoción asociada a la experiencia sinestésica puede ser de connotación positiva o negativa. Más concretamente, la experiencia sinestésica les produce bienestar cuando los estímulos elicitoros provocan la sensación sinestésica compatible (e.g. cuando un sinestésico que experimenta la letra B con el color naranja lee una B impresa en tinta naranja) y malestar cuando no hay correspondencia entre el estímulo y la experiencia sinestésica asociada (cit. en Melero, 2015).

Otra característica es que las experiencias sinestésicas son genéricas y no están elaboradas. Además, sus percepciones son memorables, siendo bastante común encontrar a personas sinestésicas que recuerdan mucho mejor la percepción asociada a las experiencias que al propio estímulo que produce la experiencia sinestésica (cit. en Callejas, 2006). En este sentido, Teichmann, Nieuwenstein y Rich, (2017), en un estudio relacionado con la modalidad dígito-color, hallaron que los sinéstetas pueden establecer vínculos entre los dígitos y colores

además de poder memorizarlos más rápido y mejor que los no sinéستetas cuando los estímulos concuerdan con el fotismo, es decir, cuando son congruentes.

En general, se acepta que la modalidad de sinestesia más frecuente es la provocada por estímulos como palabras, letras o números. Casi la mitad de los sinéستetas experimentan dicho fenómeno en más de una modalidad, aunque en la literatura existen numerosos casos documentados de sinestesia referida al tacto, temperatura, sabor, sensaciones propioceptivas y sonido. No obstante, Sagiv y Ward (2011) señalan que aquellas sinestesias numéricas y las sinestesias relacionadas con el espacio-tiempo son más comunes que las que implican tacto, sabor, olor, visión o sonidos (cit. en Iborra, 2011). Las variantes no léxicas son poco frecuentes, aun así, la mitad de los sinéستetas experimentan sinestesia en más de una modalidad (e.g. en la sinestesia de modalidad léxica, los individuos tienen experiencias sinestésicas concurrentes al ver, pensar, u oír letras o números) (cit. en Hochel, 2008).

Una de las experiencias sinestésicas más frecuentes (61.67%) es aquella relacionada con los números, las letras y/o palabras con los colores (cit. en Melero, 2015). Suele aparecer cuando se percibe visualmente (e.g. grafema-color: ver impresa una letra y tener una experiencia sinestésica asociada a un color –“la letra N es azul”) o auditivamente (e.g. fonema-color, escuchar una palabra y tener una experiencia sinestésica, “escuchar la palabra dolor es marrón” (cit. en Melero, 2015). Rich y Mattingley (2002) obtuvieron que un 2% de los sinéستetas no experimentaban respuestas sinestésicas ante estímulos léxicos (palabras, fonemas o grafemas) y sólo presentaban otras modalidades distintas de sinestesia. Las variantes no-léxicas son notablemente menos frecuentes (cit. en Matej, 2006; véase la figura 1).

En la mayoría de los casos, la sensación sinestésica es el color, aunque existen casos documentados de sabor, tacto, olor, dolor, temperatura. Por ejemplo, saborear palabras, sentir dolor al escuchar un sonido, saborear las palabras o notas musicales... (Véase la figura 2) (cit. en Matej, 2006). Así, por ejemplo, el estudio realizado por Monzón, Hinojosa y Rojas (2008) está centrado en una de estas modalidades. Estos investigadores trataron de comprobar con la modalidad sinestésica palabra-sabor, que no es frecuente, si se da también entre la población no sinestésica sobre la base de relaciones fonológicas-semánticas con objeto de verificar la “realidad” de esta modalidad entre sinéستetas. Los resultados obtenidos fueron que un 79.5% de los participantes no establecieron relaciones entre palabras y sabor. La media de sabores relacionados con la palabra fue de dos sabores, con una consistencia nula. Estos resultados sugieren que las personas no sinéستetas pueden crear relaciones a un nivel mucho menor y de forma voluntaria, sin tener la experiencia gustativa y con una baja consistencia. Es por ello,

que se afirma que a pesar de ser una experiencia poco usual es única y exclusiva entre los sinéستetas.

A día de hoy se han descrito más de 58 modalidades distintas de sinestesia. Según Day (2005, cit. en Hochel, 2008), la sinestesia se clasifica en dos categorías generales.

1. Sinestesia cognitiva: se encuentra producida por aquellos estímulos que están asociados a significados aprendidos mediante la cultura (fonemas, nombres propios, meses del año, grafemas, etc.)
2. Sinestesia básica: en este caso, los estímulos percibidos en una modalidad sensorial son a la vez percibidos de forma automática e involuntaria por medio de otro canal sensorial diferente (e.g “ver” una melodía)

Esta definición es acorde con la que proponen Marks y Odgaard (2005; cit. en Hochel, 2008), quienes clasifican la sinestesia como:

1. Sinestias intermodales o multimodales: cuando el estímulo y la experiencia sinestésica pertenece a una modalidad sensorial distinta (e.g, en la modalidad tacto-gusto “tocar una superficie lisa y saborear el chocolate o tocar una superficie rugosa y saborear ácido”). Otra modalidad distinta perteneciente a sinestias multimodales es la de palabra-sabor (e.g, leer la palabra flauta y “saborear” chocolate).

Ward y Simner fueron los primeros en estudiar este tipo de sinestesia. Ambos investigadores demostraron que cuando se les presentaba un listado de palabras, los sabores descritos por los sinéستetas eran mucho más exactos que en el caso de los participantes control. Estos autores se preguntaron “*si las palabras producen sabores, ¿qué aspecto de la palabra produce el sabor?, ¿su sonido, su significado, la forma en la que se escribe?*” Para responder a estas cuestiones usaron el fenómeno de la punta de la lengua. En el laboratorio dicho efecto se manifiesta así: cuando el participante da comienzo con la tarea, se le presenta un conjunto muy amplio de objetos conocidos, de los que conocen su nombre, pero con la característica de ser poco comunes porque no son cotidianos (e.g “gaita”). Así, tras presentar una amplia gama de objetos con sus nombres, aparecían algunos de los objetos dichos anteriormente y se les pedían que nombraran el objeto. Los resultados obtenidos mostraron que sabían para qué servía e incluso podían recordar las primeras letras de la palabra, pero eran incapaces de nombrarlos correctamente. En aquellos casos donde se fallaba al nombrar la palabra, se les preguntó por la sensación del sabor asociado al pensar en el objeto presentado. Los autores hallaron que una quinta parte de los objetos no nombrados elicitan el sabor asociado con el mismo. Un año después se volvió a realizar dicho experimento

con el mismo grupo para comprobar la consistencia (estabilidad y fiabilidad en el tiempo), obteniendo un resultado similar: los sabores asociados a los objetos no reconocidos eran similares al año anterior (cit. en Callejas y Lupiáñez, 2012).

2. Sinestesias intramodales o unimodales: son aquellas en que el estímulo y la experiencia sinestésica son de la misma modalidad sensorial (e.g grafema-color, ver grafemas en distintos colores mentales) (cit. en Hochel, 2008).

Un estudio llevado a cabo por Kang, Kim, Shin y Kim (2017) encontró que los grafemas asociados a una fonética determinada (no dependiente de un idioma particular) genera colores sinestésicos similares. Este hallazgo sugiere que es el aspecto sensorial de los grafemas y no solo el concepto de estos grafemas lo que determina el color en la sinestesia.

3. Sinestesias conceptuales o ideaestusias: cuando el fenómeno perceptivo en cuestión implica “traducir” una categoría semántica aprendida. (e. g, conceptos como el día de la semana en una experiencia sensorial “color”, siendo el resultado: martes es amarillo) (cit. en Matej, 2006).

Además, existe otra clasificación más general de la sinestesia basada simplemente en la naturaleza del un inductor (números, letras, palabras, sonidos, etc., es decir, aquellos estímulos que inducen a una experiencia sensorial sinestésica (cit. en Iborra, 2011). En este sentido, según el inductor (léxico, sonoro, gráfica y conceptual) es posible hablar de sinéستetas de orden superior (alto nivel), cuyas experiencias de color tienen origen al activarse el significado de la palabra (cit. en Melero, 2015). Estas experiencias están relacionadas con características ordinales de los estímulos, orden de las letras en el abecedario, orden de los números o días (cit. en Callejas, 2006). Contrariamente, los sinéستetas de orden inferior cuyas experiencias dependen de la percepción visual de los grafemas (cit. en Melero, 2015). Por ejemplo, la forma del grafema desencadena un color (cit. en Callejas, 2006).

Las experiencias sinestésicas también son clasificadas según su localización (“dónde” ocurren). Así, se utiliza el término “asociador” para aludir a aquellas personas que experimentan la sinestesia en un espacio personal interno, que suelen describir como “una pantalla en la mente, en la cual aparece el color de la letra o una copia de la misma en color”. El 10% de los sinéستetas asociadores forman parte de éste sector. Sin embargo, en torno al 90% de los sinéستetas les incluye en la categoría de “sinéستetas proyectores”. En este caso, la experiencia concurrente se produce en un espacio real externo, en un lugar descriptible y localizable como un papel o una distancia media entre el ojo y la tinta impresa sobre dicho el papel (cit. en Matej, 2006). Dixon y cols (2010) han hallado que los sinéستetas proyectores y

los asociadores difieren tanto en las descripciones subjetivas como en la ejecución de la tarea Stroop. En su estudio, los participantes podían realizar dos tareas: nombrar en voz alta el color del grafema impreso o del fotismo asociado al grafema. Según la condición, en la tarea Stroop, el color podía ser incongruente o congruente con el fotismo. Los resultados mostraron que los sinéستetas proyectores tienen más sensibilidad a la interferencia del fotismo al nombrar en voz alta el color de la tinta impresa y viceversa. Este hallazgo sugiere que el fotismo provoca una interferencia cuando hay que responder al color real, aunque dicho color real no interfiere con la tarea de nombrar al fotismo (experiencia sensorial sinestésica). Con respecto al grupo “asociador”, se halló que éstos son más rápidos al nombrar el color real y que la interferencia tipo Stroop tiende a ser igual para ambas tareas (cit. en Matej, 2006).

Por su parte, Maritino y Marks (2001; cit. en Iborra, 2011) han propuesto otra clasificación distinguiendo entre: “sinestesia fuerte”, cuando se experimenta una experiencia sinestésica en una modalidad sensorial en respuesta a una estimulación en otra modalidad distinta y “sinestesia débil”, que aludiría básicamente a correspondencias sensoriales cruzadas expresadas por el lenguaje mediante parecidos o correspondientes perceptivos.

Resumiendo, las personas con sinestesia pueden tener experiencias de una o varias modalidades, proyectar solo algunas de sus experiencias y poseer inductores sonoros, gráficos y conceptuales a la vez. Además, es un fenómeno estable en el tiempo, automático, con carácter emocional, hereditario, idiosincrásico y de baja prevalencia, cuya manifestación puede ser en una sola o en varias modalidades, siendo sus manifestaciones conscientes, automáticas y únicas a nivel individual, (cit. en Melero, 2015).

El primer estudio sobre la prevalencia de la sinestesia fue realizado por Baron-Cohen y sus colaboradores el año 1996, encontrando que el 1% de 2000 (0.05%) de los individuos tienen experiencias sinestésicas (Shagiv, 2003). Posteriormente se llevaron a cabo estudios en los cuales se obtuvieron porcentajes diferentes (por ejemplo, una prevalencia de un 23%; Barnett et al. 2008). No obstante, el estudio considerado como más riguroso y exhaustivo por la metodología aplicada y utilizada, halló que la sinestesia congénita aparece en torno a un 1% y 4 % de la población general. A causa de la creencia de que es mucho más común la sinestesia entre la población infantil, Simmer et al. (2006) realizaron una investigación en pequeños de 6 años, cuyos resultados fueron que en torno al 1% y 2% de la población general presentaban alguna modalidad de sinestesia. Los autores del estudio consideraron que estos datos debían de ser interpretados como el porcentaje mínimo que se puede encontrar en este rango de edad (hasta los 6 años), ya que la consistencia (fiabilidad) de las asociaciones se va estabilizando y consolidando con el paso del tiempo. Esto mismo fue verificado con la

realización de una prueba re-test sobre esa misma población cuatro años después de la primera prueba (cit. en Melero, 2015).

Por su parte, un estudio realizado por Melero, Peña y Ríos, (2015) estimó la frecuencia de las distintas modalidades sinestésicas en una muestra española. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: un 13.95% presentaban alguna sinestesia, siendo las más frecuente la modalidad temporo-espacial (44.6%), color-sonido (33.9%), las experiencias color con concepto temporal (25.9%), las experiencias que clasifican personalidad/género a los números y letras (20.5%), la sinestesia grafema-color (10.7%) y la modalidad palabras-sabor (5.4%; cit. en Melero, Peña, Ríos y Aln, 2013).

Como datos anecdóticos se ha encontrado que los sinéstetas tienden a ser poco hábiles en las matemáticas, con poco sentido de la orientación y son propensos a tener experiencias relacionadas con los sueños premonitorios (cit. en Hochel, 2008).

En cuanto a la asociación sinestesia y género, se ha hallado mayor prevalencia entre mujeres (cit. en Baron-Cohen, Burt, Smith-Laittan, Harrison y Bolton, 1996). Estos datos han sido analizados más pormenorizadamente, al verse que la ratio variaba en función del método usado para estimar la existencia de sinestesia. Por ejemplo, Simner y Ward (2005) hicieron un análisis de los datos con autoinformes y observaron una ratio de 3,7:1 de diferencia que bajó a 2:1 al realizarse una estimación directa con familiares (cit. en Melero, 2015).

Sin embargo, otro estudio establece que esas diferencias relacionadas con el género aparecen cuando se selecciona a los sinéstetas mediante informes de familiares o autoinformes, pero no en aquellos estudios basados en la consistencia. Este sesgo puede ser a consecuencia de que las mujeres suelen participar más en estas encuestas, fenómeno que ha sido observado en estudios distintos a la sinestesia (cit. en Melero, 2015).

Sagiv y Ward (2011) realizaron un estudio más completo sobre la prevalencia y la demografía en la sinestesia, estimando “*una prevalencia en 1 de 1150 (0.087% en mujeres) y 1 en 7150 (0.014% en hombres)*” (cit. en Melero, 2015) confirmando además una mayor probabilidad de esa condición entre los parientes genéticos con un resultado del 36%. Como dato anecdótico, el 24% de 192 sinestésicos que participaron en el estudio tenían profesiones artísticas, aunque en otros estudios la referencia a dicha variable es que sólo el 2% trabajaban en el ámbito del arte (véase el cuadro A: Sección A) (cit. en Melero, 2015).

### **3. Descripciones de algunas sinestesias menos frecuentes y algunos estudios relevantes.**

#### **3.1. Sinestesia gustativo-táctil**

Esta modalidad de sinestesia resulta especialmente curiosa, pues las experiencias sensoriales experimentadas por los sinéstetas son tan opuestas que resultan cuánto menos peculiares, siendo, además, una de las primeras modalidades estudiadas en la época moderna. La sinestesia gustativo-táctil se trata de una modalidad específica en la cual quien la experimenta puede, por ejemplo, saborear un plato de ensalada y experimentar la sensación de tocar una superficie rugosa y con líneas horizontales. O añadirle sal a la ensalada y cambiar su percepción en la sensación de “tocar una superficie con líneas circulares en lugar de tener líneas horizontales (cit. en Callejas y Lupiañez, 2012).

#### **3.2. Sinestesia temporo-espacial**

Esta modalidad resulta interesante de cara a conocer cómo los sinéstetas perciben el tiempo en el espacio, pues tanto los meses del año, semanas, días de la semana o fechas señaladas, tienen una localización espacial muy específica. Además, para algunos, se le añade una experiencia más como, por ejemplo, un color asociado a ellos. También es variable la forma en la que la experimentan en relación con el marco de referencia propio. Algunos de estos sinéstetas describen los meses como un “*flotador que los rodea por la cintura*”, otros como un “*un hula-hop*” que se mueve en sentido contrario a las agujas del reloj con respecto al mes en el que se encuentra. Otros sitúan los meses en forma de espiral que da lugar a una especie de túnel en el que todos los meses de, por ejemplo, marzo pasados se encuentran en el mismo sitio de la circunferencia con la diferencia de estar más o menos lejos, dependiendo al año al que pertenecen.

Callejas y Lupiañez (2010) realizaron un estudio en el que se pretendía demostrar estabilidad en los calendarios sinestésicos en un flotador imaginario. Para ello, tuvieron que adaptar los instrumentos de medición con el medio y tiempo. El experimento se repitió 4 veces para medir la consistencia para un mismo mes en distintas ocasiones. En cada uno de los cuatro ensayos, los participantes eran colocados en frente de una de las cuatro paredes para así controlar el efecto del recuerdo. Al cambiar el marco de referencia externo (lugar donde se colocan los objetos en la habitación), los participantes sólo tenían como referencia el

lugar de cada mes del supuesto “calendario flotador”. En el estudio también participó un grupo control que no tenía experiencias sinestésicas, por lo debían imaginar una localización espacial para cada mes del año, teniéndolo que indicar con un proyector de rayo de luz.

Asimismo, se pedía a los participantes de ambos grupos que escucharan la palabra de un mes cualquiera y que la señalaran en la pantalla con la ayuda de un ratón donde se representaba dicho mes. Con la utilización de las coordenadas de cada punto, era sencillo conocer el lugar exacto de un mes en cada vez de las que se presentó y cómo de “lejos” estaban señalados entre sí. Como se puede observar en la figura 3, cada mes está situado de un color para ambos grupos de participantes.

La estrategia del grupo control (no sinéstetas) fue localizar cada uno de los meses del año en la posición de cada una de las 12 horas, imaginando la pantalla como un reloj. Este resultado muestra que la variabilidad de los puntos que mostraba este grupo era mucho más mayor que en el de los sinéstetas, pues este grupo situaba enero abajo a la izquierda con color azul oscuro y posición 12, febrero en la posición de la una, etc. Con este estudio, se demostró que los calendarios sinestésicos existen y, además, que son precisos (cit. en Callejas y Lupiañez, 2012).

## 4. Evaluación

Existen distintas formas para evaluar la sinestesia. Una de ellas se relaciona con la consistencia, pues es un elemento esencial para verificar si una persona es sinésteta o no antes de proceder con su estudio experimental (Carmichael, Down, Shillcock, Eagleman, Simner, 2014). La consistencia indica la fiabilidad de los resultados. La consistencia para los sinéstetas es medida a lo largo del tiempo, y se espera que presente valores altos, lo cual tiende a interpretarse como que estas experiencias no se deben a factores como el efecto de la memorización. La mayoría de los estudios experimentales han obtenido resultados en consistencia en torno al 100% (cit. en Hochel, 2006),

La sinestesia puede ser evaluada mediante numerosos test, como el test de Grafema-Color (Hochel, 2006). Además, existe una aplicación informática (Smilek, Dixon y Merikle, 2005) para la sinestesia en la que el concurrente es un color. Daniel Eagleman ha creado un sistema disponible para la comunidad científica en el que combina el test desarrollado por Smilek y cols. junto a un test comportamental. Además, para evaluar la sinestesia basada en experiencias del color, se utilizan métodos como las descripciones que los mismos individuos emiten verbalmente, gráficos electrónicos de colores y presentaciones de paletas de colores

con más de 15 millones de tonalidades (Véase figura 4) (Carmichael, Down, Shillcock, Eagleman, Simner, 2014).

Otro test para evaluar la sinestesia es el Test de Autenticidad de la Sinestesia (Baron-Cohen y cols, 1987). Una prueba muy utilizada para demostrar que estas experiencias son automáticas es la variante sinestésica del test Stroop y la prueba de reagrupamiento perceptual (Iborra, 2011), en la que se pone de manifiesto que se tarda más tiempo en nombrar un color cuando no coincide con el fotismo (el generado por la sinestesia) (cit. en Hochel, 2006). Ramachandran y Hubbard (Hochel, 2006) afirman que estas tareas demuestran la asociación automática entre grafema y color y que este tipo de efecto Stroop se puede considerar una prueba de que la sinestesia es sensorial (cit. en Iborra, 2011).

Más recientemente, se han realizado estudios de neuroimagen (Acher y cols, 2006) con los que se pueden obtener datos relativos a las áreas cerebrales activadas durante la experiencia sinestésica, pues las áreas que se activan mientras se tiene la experiencia sinestésica son distintas a las áreas que se activan en los no sinéstetas (cit. en Hochel, 2006).

## **5. Teorías explicativas y modelos: las distintas posturas en el estudio del fenómeno sinestésico.**

Hoy en día todavía no se han encontrado los mecanismos exactos por los cuales se produce la sinestesia. A este respecto, encontramos distintos modelos con diversas hipótesis, desde el modelo asociativo-psicológico hasta el modelo neurobiológico, que se subdividió en diferentes modelos como el estructural, el integrador y el funcional (cit. en Melero, 2015).

### **5.1. Modelo Psicológico asociativo**

El primer modelo del que se ha tenido constancia en la historia de la investigación de la sinestesia se propuso hace más de un siglo. Así, investigadores como Flournoy (1893) propusieron que la sinestesia surge a causa de tres mecanismos: *“la asociación habitual, la asociación afectiva”* (la más importante, porque cuando se percibe está acompañada de una reacción emocional, proveniente de las reacciones orgánicas del cuerpo) y *“la privilegiada”*. Esta propuesta explicaría por qué un color y una palabra pueden compartir una característica meramente emocional y que la intensidad de las experiencias sinestésicas cambien (aumenten o disminuyan) en situaciones de estrés o estado emocional intenso.

Un siglo más tarde esta hipótesis retoma fuerza, hasta llegar a convertirse en la teoría del tono emocional de Calkins. No obstante, los modelos más actuales están de acuerdo en que el modelo asociativo no es suficiente para explicar el fenómeno de la sinestesia, pues este tipo de planteamiento adolece de varios problemas. El primer problema se refiere al hecho de que las asociaciones que se producen en las experiencias sinestésicas (e.g, el número 5 es amarillo) no son causadas por el ambiente. El segundo problema tiene que ver con la estabilidad de las experiencias: si la experiencia ayuda al aprendizaje de las asociaciones respecto a las experiencias sinestésicas, también podría ayudar a crear una asociación más semejante o similar a la realidad, es decir, reconducirlo o revertirlo. Puesto que estas experiencias son estables en el tiempo, no desaparecen tan fácilmente y son resistentes a cambios, se considera como una evidencia empíricamente demostrable en contra de la teoría psicológica-asociativa. El último problema en contra del modelo está relacionado con que la sinestesia no se da mediante el aprendizaje, pues la sinestesia no se puede aprender, se nace con ello (cit. en Melero, 2015).

## **5.2. Modelo neurobiológico**

Hupé (2012) apostaba por la existencia de una base biológica de la sinestesia. Para comprender este modelo es necesario entender algunos conceptos como “el principio de especificidad sensorial”, de acuerdo con el cual los sistemas sensoriales actúan de forma independiente y tienen mecanismos neurales específicos. Es decir, las áreas corticales estarían especializadas y transmitirían información sensorial a distintos niveles y dicha información sería procesada, separada y reunificada por los estadios posteriores de procesamiento sensorial hasta llegar a áreas de integración multisensorial y de asociación. Además de este procesamiento de la información hacia delante-arriba, también habría procesamiento hacia atrás-abajo, así como también conexiones horizontales (que mayoritariamente suelen ser inhibitorias) que permitirían la percepción de la realidad consciente y unificada, es decir, unir información reciente con el conocimiento pasado (memoria) y nuestra capacidad de acción sobre él, es decir, el futuro.

Ramachandran y Hubbard (2001) estudiaron la modalidad grafema-color, y descubrieron que en ésta hay activación tanto del área V4 (área relacionada con el color) como de áreas del giro fusiforme, implicadas en el procesamiento de los grafemas.

En general, el modelo neurobiológico plantea que cuando el cerebro comienza a madurar sufre una etapa de estabilización en las conexiones sinápticas, por lo que muchas de estas conexiones son eliminadas en el proceso de poda axónica (la poda axónica es un mecanismo que elimina las conexiones neuronales en una sinapsis). Sin embargo, si una mutación a nivel genético causa un fallo durante el proceso de madurez cerebral en determinadas zonas, éste tiende a conservar las conexiones sinápticas que pueden dar lugar a las experiencias sinestésicas. En este sentido, la proximidad cortical entre el área V4 y la del procesamiento grafémico, aumenta la probabilidad de que existan conexiones neuronales entre ambas. Por tanto, los fotismos serían a causa de la activación de V4 cuando se procesan visualmente los grafemas (Baron-Cohen y Gray, 2002).

En conclusión, los estudios más recientes sugieren que el área V4 se activa más durante la experiencia sinestésica de un color que cuando no se produce la percepción (cit. en Callejas, 2006), subrayando lo importante que es el área V4 para el procesamiento del color y el fotismo de color en la experiencia sinestésica (cit. en Hochel, 2008).

### **5.3. Modelos funcionales**

Aunque la mayoría de los modelos neurobiológicos han considerado que las diferencias de activación se encuentran en el córtex cerebral, uno de los primeros modelos sobre la sinestesia se centró en el papel de las áreas subcorticales. Así, Cytowic (1993) propuso que la sinestesia dependía de la actividad de las estructuras del sistema límbico. Dicha teoría coincidía con la formulada por Flournoy en el año 1893 respecto al coeficiente afectivo y recibió el apoyo de otros científicos debido a su capacidad para explicar el componente afectivo en la sinestesia. (Melero, 2015).

Por su parte, Grossenbacher y Lovelace (2001) postularon que el procesamiento de la entrada sensorial (e.g. visual) sigue un recorrido cerebral tras pasar por las vías especializadas en el procesamiento (V1, V2, V3, V4, V5), en el que la información se codifica y es enviada a áreas procedentes de otros sentidos para su posterior integración. No solo el cerebro realiza conexiones hacia adelante, como se acaba de describir, sino que también puede realizar un procesamiento hacia atrás. En este sentido, Grossenbacher y Lovelace (2001) propusieron que un fallo en la inhibición puede generar sensaciones sinestésicas, específicamente cuando el inductor pasa por las etapas del procesamiento especializado y alcanza el área multimodal (el lugar donde se procesa simultáneamente información de diferentes modalidades sensoriales), en el que, si existe una activación residual, dicha información puede viajar hacia atrás en

forma de la sensación concurrente sinestésica. Es decir, según esta propuesta la sinestesia se manifiesta en una fase tardía del procesamiento sensorial.

## 5.4. Modelos estructurales

El modelo que ha causado mayor influencia ha sido el “*Modelo de Activación Cruzada*”, formulado a partir el análisis de la modalidad grafema-color. En esencia, este modelo considera que la comunicación de las áreas neurales implicadas en la sinestesia es estructural y directa. Éste modelo rompe con la idea de modularidad de los sistemas sensoriales y, en el caso de la modalidad grafema-color, implicaría que esta ruptura se observa a nivel local de las áreas visuales. Esta teoría está basada en la teoría neonatal formulada por Maurer en el año 1997, quien postuló que la sinestesia es un modo de percepción temprana y primitiva.

Más concretamente, el Modelo de Activación Cruzada mantiene que:

1. Dicha activación se produce debido a la activación conjunta de zonas neurales adyacentes altamente conectadas.
2. Que la genética tiene que ver en este proceso, pues esa interconexión se debería a un fallo en el proceso de apoptosis, que provocaría que las conexiones anatómicas se mantengan y den lugar a dichas experiencias.
3. Esta activación cruzada tiene como responsable al inductor y al concurrente.

En el año 2011 se realizó una revisión de esta propuesta, y teniendo en cuenta los nuevos datos actualizados, esta teoría pasó a llamarse Modelo de Afinación Cruzada en Cascada. En esta revisión se aceptaba la base de la teoría, pero se reconocía la participación del lóbulo parietal de forma activa para favorecer la integración en el procesamiento del inductor y el concurrente, integración considerada local, directa y de primer nivel. Con estas modificaciones, este modelo permite dar una explicación a tanto a la modalidad grafema-color como otras modalidades del fenómeno (cit. en Melero, 2015)

## 5.5. Modelos integradores.

El modelo de Hyperbinding plantea que el proceso de integración que da lugar a la percepción normal puede ser el responsable de las experiencias de los sinéstetas. El concepto *Hyperbinding* se refiere al hecho por el cual se produce una integración a nivel sensorial multidimensional entre componentes que no están presentes en el estímulo elicitor, y son

añadidos como propios. Esta teoría refleja nuevos datos neuroanatómicos sin dejar de lado la hipótesis de la funcionalidad propuesta por los otros modelos.

En la actualidad, se consideran complementarios tanto los aspectos funcionales como los estructurales, puesto que existen investigadores que consideran que tanto las variaciones funcionales como anatómicas están relacionadas. En esta línea, Walsh y Cohen-Kadosh (2008) establecieron que las variaciones genéticas pueden dar lugar a procesos poco comunes de desinhibición que originarían el fenómeno de la sinestesia. Así, la repetición funcional de este acontecimiento en el tiempo (variaciones funcionales basadas en mecanismos hebbianos) produciría cambios a un nivel neuroanatómico, materializándose como variaciones estructurales. Respecto a este punto de vista, Walsh y Cohen-Kadosh realizaron un estudio con sugestión posthinóptica en el que generaron un fotismo grafema-color en personas no sinéstetas. Por tanto, estos resultados sugieren que las experiencias sinestésicas pueden darse sin conexiones estructurales. Alternativamente, otros autores consideran que las diferencias estructurales pueden ser la consecuencia y no la causa de las experiencias sinestésicas.

Resumiendo, los modelos explicativos cada vez son más numerosos y se ha observado un cambio de paradigma, desde los funcionalistas hasta los integradores y dinámicos que añaden teorías del aprendizaje, percepción y memoria, aunque aún es demasiado pronto para poder determinar cuál de estos modelos es el que mejor da cuenta de lo que ocurre en la sinestesia (cit. en Melero, 2015).

## **6. Neurociencia en la sinestesia**

Hubbar, Ramachandran y sus colaboradores llevaron a cabo un estudio en 2005 en el que combinaron pruebas psicofísicas y técnicas de neuroimagen cerebral con el objetivo de determinar si los fotismos grafema-color de algunas personas sinestésicas activaban las mismas zonas cerebrales que se activan cuando se perciben colores reales y si estas áreas estaban también activadas en personas no sinéstetas cuando éstas percibían colores reales. Los resultados obtenidos fueron que el área V4 estaba más activada en sinéstetas cuando percibían grafemas que inducían color que cuando se presentaban gráficos sin significado (que no provocaban color). En cuanto a los no sinéstetas, no se encontraron diferencias en la actividad de V4 ante dichas presentaciones, es decir, sólo se observaba activación ante estímulos

coloreados. Por lo tanto, se puede concluir que la percepción de los fotismos se acompaña de la activación del área cerebral V4 del mismo modo que cuando se perciben colores reales.

Resultados parecidos han obtenido Ward y sus colaboradores (2003), quienes estudiaron con resonancia magnética funcional la activación cerebral relacionada con la modalidad sinestésica léxico-sabor. El objetivo de dicho estudio era observar si las áreas de procesamiento del sabor (corteza insular) se activaban ante palabras elicitoras de sabores. Los resultados mostraron que ello ocurría cuando las palabras eran catalogadas como desagradables-gradables, pero no cuando eran consideradas de un sabor neutro. Por ello, es posible afirmar que las diferencias encontradas en la activación se daban en el procesamiento del valor emocional (cit. en Callejas y Lupiañez, 2012).

Por su parte, un experimento realizado por el neurólogo Cytowic (2003) mediante tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) obtuvo resultados distintos entre personas con y sin sinestesia sometidas a las mismas condiciones. Los resultados llevaron a Cytowic a considerar que la sinestesia está relacionada con la actividad del sistema límbico, a niveles más profundos, actividad que no puede ser medida por la tomografía de fotón único.

El siguiente avance en las técnicas fue la de la tomografía de emisión de positrones, que permite una exploración a niveles más profundos. Baron-Cohen y John Harrison (1996) realizaron experimentos siguiendo la misma hipótesis: la actividad cerebral de un sinésteta debe ser distinta a la de una persona no sinésteta ante los mismos estímulos y condiciones. Las conclusiones obtenidas fueron que un cerebro sinestésico no es distinto a uno no sinestésico. No obstante, los resultados obtenidos mediante técnicas de imagen cerebral funcional revelan diferencias. Así, mientras que Cytowic concluye que la asociación sinestésica se localiza en el sistema límbico, los neurólogos Baron-Cohen y John Harrison establecen que las asociaciones de sonido-color dependen de las zonas del córtex cerebral (percepción del color). Estas propuestas no han de considerarse forzosamente incompatibles, pues no existe una única modalidad de sinestesia.

Más recientemente, ha surgido un importante interés por hallar los posibles determinantes genéticos de la sinestesia. No obstante, este interés no es nuevo. Así, en el año 1883, Galton hizo mención y publicó varios casos de sinestesia en una misma familia. La conclusión de su estudio fue que la sinestesia tiene una base hereditaria, sentando las bases para el estudio de miembros de sinéstetas en familias.

En esta línea, Cytowic en el año 1989, realizó un estudio con 8 familias y concluyó que la sinestesia tiene un componente hereditario de rasgo dominante (la sinestesia se manifestaría cuando el gen dominante predomine sobre el recesivo).

Al poco tiempo, se comenzó a estudiar los genes que estaban implicados en el fenómeno. En un primer momento, se creyó que la sinestesia estaba determinada por la inactivación del cromosoma X con letalidad para los varones. Éste término se refiere a que el cromosoma X por parte del hombre no se manifiesta durante el proceso de meiosis (división celular) (Ahn, y Lee, 2008), lo cual explicaría una mayor prevalencia de este fenómeno entre mujeres. Esta hipótesis se vio reforzada al no encontrarse evidencia entre la transmisión padre a hijo varón frente a la transmisión padre-hija y madre-hija. No obstante, en los estudios que se realizaron con gemelos monocigóticos, sólo uno de los dos hermanos mostraba sinestesia, lo cual cuestionaba la teoría anteriormente mencionada. Gracias al avance tecnológico y de internet surgido a principios del siglo XXI, que ha facilitado la comunicación entre los investigadores y personas sinéستetas, ha hecho que aumente el número de estudios relacionados con este aspecto. Si la teoría hereditaria fuese acertada debería existir un mayor porcentaje de sinéستetas entre familiares de primer grado que con respecto a la población en general (cit. en Melero, 2015). No obstante, datos más recientes cuestionan la teoría del mecanismo genético ligado al cromosoma X con letalidad a la población varonil, pues la proporción de hijas e hijos nacidos de madres con sinestesia era similar.

Una vez confirmado esto, queda una cuestión por resolver: si cada familia posee una sola modalidad de sinestesia, se podría concluir que la base genética es distinta y específica para cada manifestación. Actualmente, la literatura sugiere la existencia de distintas modalidades de sinestesia entre miembros familiares, lo cual apoya la existencia de una base genética común a la base de este fenómeno.

Tras invalidar la teoría del cromosoma X, se plantearon nuevas hipótesis, relacionadas con el Modelo de Activación Cruzada. Así, Bargary y Mitchell (2008) propusieron que la base genética de la sinestesia podría estar relacionada con los genes que se encuentran implicados a nivel estructural y/o funcional entre áreas corticales. Por ello, una explicación relacionada con el desarrollo neural ha demostrado que es coherente la hipótesis de que la sinestesia se herede como tendencia general con una manifestación distinta según el tipo de sinestesia.

En general, la investigación sugiere que, al menos en la modalidad sonido-color, la sinestesia es un fenómeno con múltiples modos de herencia, localizados de manera dispersa, sin descartar la probabilidad de que en las familias se den patrones de herencia mendeliana como proponen Barnett y colaboradores (2008).

Al encontrar que la sinestesia es un fenómeno con múltiples modos de herencia, se han llevado a plantear hipótesis sobre la desaparición de un “gen sinestésico”. Los estudios realizados hasta el día de hoy sugieren que los genes relacionados con la sinestesia están relacionados con los procesos de la conectividad cortical y que la sinestesia es catalogada como un fenómeno con muchos modos de herencia (cit. en Melero, 2015).

Por tanto, es posible afirmar que la base genética de la sinestesia resulta mucho más compleja de lo que se pensaba en un principio.

## 7. Conclusiones

El motivo por el que he escogido esta temática ha sido por la peculiaridad de éste fenómeno y el impacto que causa la primera vez que se escucha. Fue en primero de grado, cuando oí por primera vez éste fenómeno, me resultó difícil de comprender, asimilar y empatizar. Por ello, la curiosidad de estas experiencias sinestésicas, así como la falta de conocimientos y deseos de profundizarlos, escogí este tema.

Además, la sinestesia es un fenómeno al que se está prestando gran atención en el mundo científico desde los últimos 20 años, y no sólo el campo científico, también encontramos muchos programas televisivos que hablan sobre éste. No obstante, considero que se debería dar de conocer más, explicar cómo estas personas perciben el mundo que les rodea, dando un mensaje de apoyo, pues la mayoría de ellas, creen que lo que les sucede es extraño y que son pocos los que tienen estas experiencias, cuando en realidad se ha comprobado, que hay más casos de los que se pensaban en un principio.

Su definición ya está relativamente clara, a pesar de cruzar un arduo camino de numerosas rectificaciones causados por continuos descubrimientos. Esto hace reflexionar sobre la importancia y el impacto que genera la obtención de nuevos datos y a consecuencia las reformulaciones dadas.

Una de la característica propia de la sinestesia es la carga emocional que le asignan los sinéstetas. Personalmente quedé anonadada en numerosas ocasiones, especialmente sobre esta característica al revisar la bibliografía, pues todas las personas que han dejado de tener sinestesia a causa de una lesión, quedan deprimidas, melancólicas y tristes, al contar que “mi mundo no es como antes, pues percibir como el resto del mundo es triste y pobre, y deseo profundamente volver a sentirlo”. Esto hace reflexionar lo fascinante que sería poder percibir como ellos lo hacen, añadiendo más sentidos a un solo estímulo.

Respecto a la prevalencia no existe un acuerdo en cuanto al género, pues ciertos estudios indican mayor prevalencia en las mujeres, mientras que otros están en desacuerdo, apelando que dichos resultados están relacionados con las muestras estudiadas y aparecen con los informes familiares o autoinformes, pero no cuando se mide la consistencia. Con los numerosos estudios relacionados con su prevalencia, resulta llamativo observar el hecho de no poder llegar a un acuerdo, causado por los numerosos factores a tener en cuenta, impidiendo una conclusión concisa.

En lo que sí existe un acuerdo general es que la modalidad más frecuente es la suscitada por estímulos como letras, números o palabras, induciendo en más de la mitad de los sinéستetas la experiencia del color, aunque se han encontrado más de 50 modalidades distintas de sinestesia. Particularmente, considero que es complicado imaginar tantas experiencias distintas, y que sólo pensar cómo se percibe en cada una de ellas, resulta abrumador. Una persona que bajo la experiencia sinestésica sabor-tacto puede percibir una superficie blanda al tomar un plato de pasta, ejemplifica muy bien lo difícil que resulta poder comprenderlo e imaginarlo.

En cuanto a su evaluación, sobre todo los test destinados a verificar si una persona es sinestésica o no, he podido comprobar, que existen muchos métodos y test fácilmente accesibles, fiables y distribuidos por la comunidad científica para todo el mundo, con objeto de confirmar que efectivamente una persona tiene sinestesia.

No obstante, son muchas personas que desconocen este fenómeno. Personalmente, cuando me han preguntado sobre mi Trabajo Fin de Grado, han sido numerosas las ocasiones en que las personas no sabían sobre dicha temática y tras explicarlo, han quedado sorprendidos, fascinados y extrañados.

Cuando es evaluada mediante técnicas de neuroimagen para comprobar las áreas cerebrales implicadas, se demuestra la gran diferencia existente a nivel neuroanatómico entre una persona sinestésica y no sinestésica, por lo que resulta llamativo observar cómo el hecho de percibir de otra forma genera estos cambios.

A lo largo de su historia, los sinéستetas eran catalogados como locos, y en menor medida, que sus experiencias estaban provocadas por los delirios o drogas. Y no es para menos, a día de hoy, es complicado aceptar este modo de percepción y mucho más empatizar con el mismo, de modo que más difícil lo tendrían en el pasado por no tener el conocimiento suficiente.

Con su estudio, aparecieron distintos modelos que defendían y apostaban por una determinada postura, generando dilemas y contrastando datos. Puesto que no existe ningún

modelo que pueda ser falseado o verificado por los numerosos datos aportados en cada uno de ellos, surgió la necesidad de establecer un modelo integrador donde recoge distintos datos procedentes de los modelos planteados hasta la fecha, creando pues, una teoría unificadora. Todo ello es signo de que aún queda mucho por investigar y descubrir sobre este fenómeno, que sigue siendo fascinante y curioso.

Son muchos los que lo desconocen y cuando lo descubren quedan sorprendidos y conquistados por la curiosidad, y no es para menos, pues poder percibir de forma más compleja y rica en estímulos, es un privilegio que pocos pueden contar.

## 8. Anexos:

### A Figuras

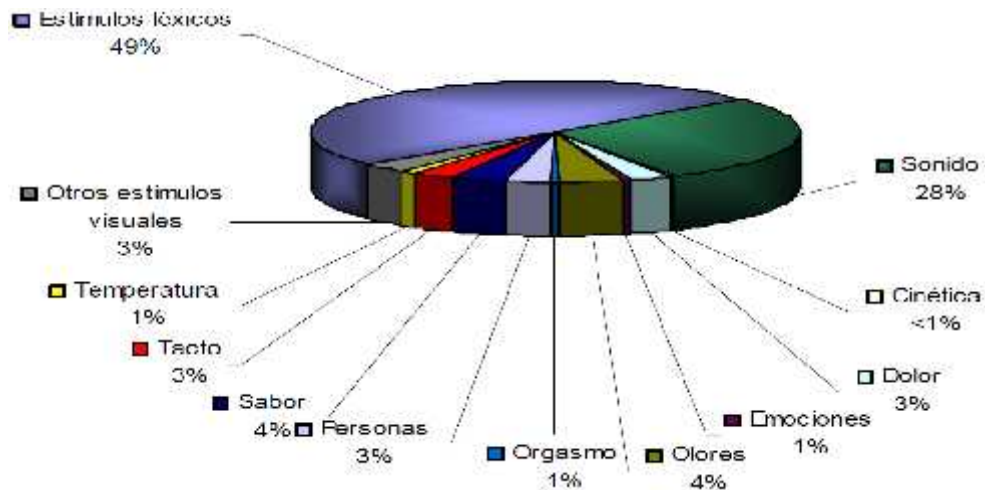


Figura 1: Frecuencia relativa en las experiencias sinestésicas

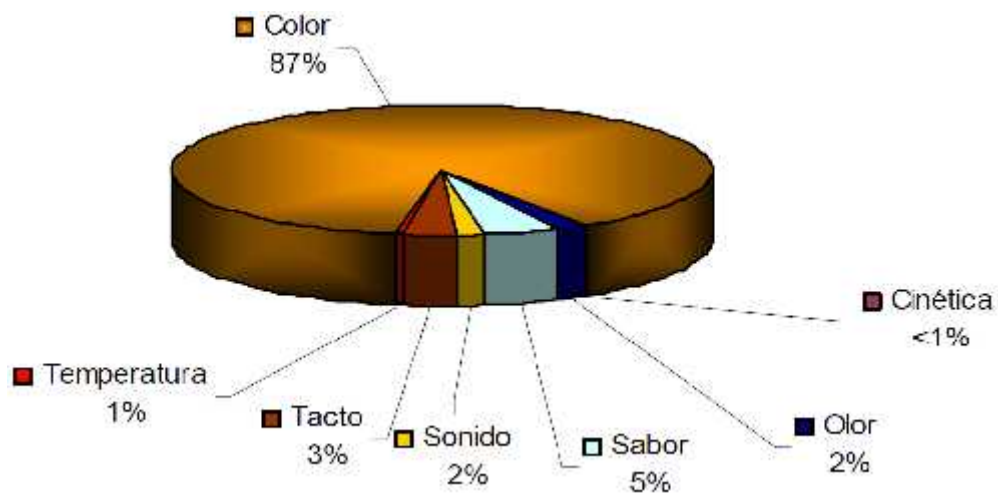


Figura 2: Frecuencia relativa de sensaciones sinestésicas

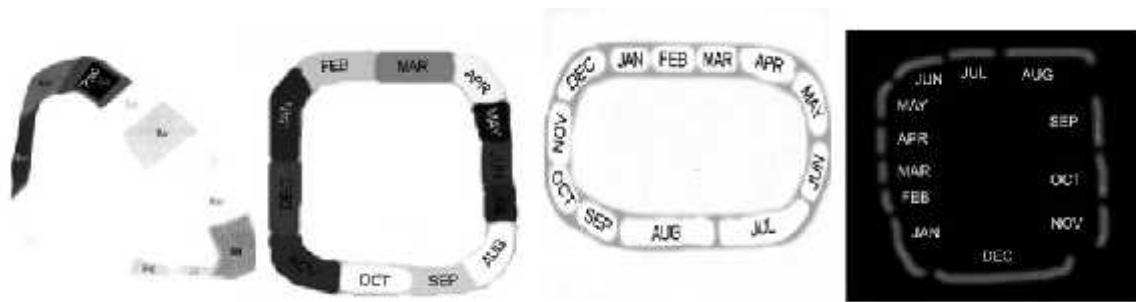


Figura 3: Disposiciones espaciales sobre los meses.

INDUCTORES	CONCURRENTES								
	VISIÓN	AUDICIÓN	OLEACCIÓN	CUSTO	TACTO	TEMPERATURA	MOVIMIENTO	PERSONALIDAD	COORDENADAS ESPACIALES
<b>VISIÓN</b>									
General	-		1,00%	1,10%	1,09%	0,70%	0,10%		
Gráficos	51,67%	2,76%			0,10%			3,13%	
Letras	0,40		0,30	1,90%	0,10%				
<b>AUDICIÓN</b>									
General	15,03%		1,33%	5,35%	3,77%	0,50%	0,79%		0,10%
Musicalización	8,41%								
Sonidos naturales	16,57%			0,50%					
Fonemas	8,41%								
<b>OLFACCIÓN</b>	6,45%	0,50%		0,10%	0,50%	0,10%			
<b>GUSTO</b>	6,00%	0,60%			0,50%	0,10%			
<b>TACTO</b>	4,07%	0,30%	0,40%	0,99%		0,10%			
<b>TEMPERATURA</b>	2,02%	0,10%							
<b>MOVIMIENTO</b>	0,40%	0,99%						0,10%	
<b>PERSONALIDAD</b>	5,20%		0,50%	0,10%	0,10%				
<b>EMOCIONES</b>	2,36%	0,10%	0,23%	0,30%					
<b>ORCASMO</b>	1,00%			0,10%					
<b>DOLORES</b>	4,97%	0,10%							
<b>CONCEPTOS TEMPORALES</b>	21,25%	0,10%							

Tabla 1: Diferentes modalidades de sinestesia y sus frecuencias relativas

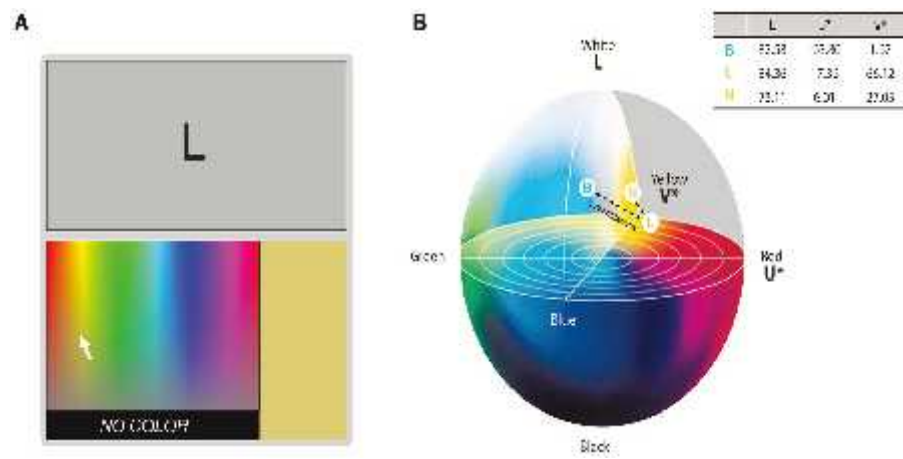


Figura 4: Paleta de colores.

## 9. Referencias bibliográficas:

- Ahn, J. & Lee, J. (2008) X chromosome: X inactivation. *Nature Education* 1.
- Alfayate, D. (2013). Sinestesia: música y color. Máster. Universidad politécnica de Valencia, Gandía.
- Banissy, M.J., Walsh, V. & Ward, J. (2009) Enhanced sensory perception in synaesthesia. *Experimental Brain Research*, 196, 565-571.
- Baron-Cohen, S., Burt, L., Smith-Laittan, F., Harrison, J. & Bolton, P. (1996). Synaesthesia: prevalence and familiarity. *Perception*, 25, 1073-1079.
- Baron-Cohen, S., Wyke, M.A. & Binnie, C. (1987) Hearing words and seeing colours: and experimental investigation of a case of synaesthesia. *Perception*, 16, 761-767.
- Callejas, A. (2012). sinestesia: el color de las palabras, el sabor de la música, el lugar del tiempo. Madrid: alianza.
- Carmichael, D, Down, M, Shillcock, R, Eagleman, D, Simner, J, (2014). Validating a standardised test battery for synesthesia: Does the Synesthesia Battery reliably detect synesthesia?. *Consciousness and Cognition- Journal. University of Edinburgh.*, 33 (2015) 375–385
- Callejas, A y Lupiañez, J (2010). Sinestesia temporo-espacial y orientación de la atención. Washington University in Saint Louis, Missouri and Universidad de Granada, Granada.
- Callejas, A (2006). Sinestesia y emociones. Reacciones afectivas ante la percepción de estímulos sinestésicamente incongruentes. Tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada.
- Callejas, A., Acosta, A. & Lupianez, J. (2007). Green love is ugly: Emotions elicited by synesthetic grapheme-color perceptions. *Brain Research*, 1127, 99-107
- Calkins, M.W. (1895). Synaesthesia (minor studies from Wellesley College). *American Journal of Psychology*, 7, 90-107.

- Calkins, M. W. (1895). Synesthesia. *The American Journal of Psychology*, 7(1), 90–107.
- Cytowic, R. (2003). *The man who tasted shapes*. New York: MIT P., p. 9- 148.
- Cytowic, E.R. & Eagleman, D.M. (2009) *Wednesday Is Indigo Blue: Discovering the Brain of Synesthesia*. MIT Press, Cambridge.
- Eagleman, D.M., Kagan, A.D., Nelson, S.S., Sagaram, D. & Sarma, A.K. (2007b) The synesthesia battery.
- Eagleman, D. M., Kagan, A. D., Nelson, S. S., Sagaram, D., & Sarma, A. K. (2007). A standardized test battery for the study of synesthesia. *Journal of Neuroscience Methods*, 159(1), 139–145.
- Goleman, D. (1995). *Inteligencia emocional*. Kairos, Barcelona.
- Grossenbacher, P.G. & Lovelace, C.T. (2001) Mechanisms of synesthesia: cognitive and physiological constraints. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 36-41.
- Grossenbacher, P.G., and Lovelace, C.T. (2001). Mechanisms of synesthesia: cognitive and physiological constraints. *Trends In Cognitive Science*, 5, 36–41.
- Hocheil, M. (2006). *La sinestesia: sentidos sin fronteras*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada.
- Hubbard, E.M. y Ramachandran, V.S. (2005). Neurocognitive mechanisms of synesthesia. *Neuron*, Vol. 48, 509–520.
- Iborra, O. (2011). *Sinestesia: el ejecutivo central ante tareas de modalidad cruzada*. Tesis doctoral, Universidad de granada, Granada.
- Kang M-J, Kim Y, Shin J-Y and Kim C-Y (2017) Graphemes Sharing Phonetic Features Tend to Induce Similar Synesthetic Colors. *Front. Psychol.* 8:337.
- Melero, H. (2015). *Sinestesia, bases neuroanatómicos y cognitivas*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Melero, H. (2015). *Sinestesia, bases neuroanatómicos y cognitivas*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 33-34.

- Melero, H., Peña-Melián A, Ríos-Lago M. ¿Colores, sabores, números?: la sinestesia en una muestra española. *Rev Neurol* 2015; 60: 145-50.
- Monzón, P., Hinojosa, J. y Rojas, A. (2010). sinestesia léxico – gustativa: El sabor de las palabras. Universidad de Granada.
- Nunn, J., Gregory, L., Brammer, M., Williams, S., Parslow, D., Morgan, M., Morris, R., Bullmore, E.T., Baron-Cohen, S. and Gray, J.A. (2002). Functional magnetic resonance imaging of synesthesia: activation of V4/V8 by spoken words. *Nature Neuroscience*, 5 (4), 371-75.
- Ramachandran, V.S. and Hubbard, E.M. (2001a). Psychophysical investigations into the neural basis of synaesthesia. *Proceedings of the Royal Society of London, B*, 268, 979–83.
- Ramachandran, V. S. and Hubbard, E. M. (2001). Synesthesia – a window into perception, thought and language. *Journal of Consciousness Studies*, 8(12), 3–34.
- Rich, A.N. and Mattingley, J.B. (2002). Anomalous perception in synaesthesia: A cognitive neuroscience perspective. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 43-52.
- Shagiv, N. (2003). Cognitive and bases of synesthesia. Universidad de California, Berkeley.
- Simner, J. & Bain, A.E. (2013) A longitudinal study of grapheme-color synesthesia in childhood: 6/7 years to 10/11 years. *Frontiers in Human neuroscience*, 7, 603
- Teichmann, A. L., Nieuwenstein, M., & Rich, A. N. (2017). Digit-colour synaesthesia only enhances memory for colours in a specific context: A new method of duration thresholds to measure serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*).
- Ward, J. (2004). Emotionally mediated Synaesthesia. *Cognitive Neuropsychology*, 21 (7), 761-772.