

Departamento de Psicología Experimental
Facultad de Psicología, Universidad de Granada



La sinestesia: sentidos sin fronteras

Autor: Matej Hochel
Tutor: Prof. Emilio Gómez Milán

La sinestesia: sentidos sin fronteras

Autor: Matej Hochel

Tutor: Prof. Emilio Gómez Milán

Departamento de Psicología Experimental

Facultad de Psicología

Universidad de Granada

1 de septiembre de 2006

Índice:

<i>PARTE TEÓRICA: La sinestesia: sentidos sin fronteras</i>	3
<i>Diagnosticando sinestesia</i>	5
<i>Demostraciones empíricas de la sinestesia</i>	8
<i>Prevalencia y subtipos de sinestesia</i>	12
<i>Preconsciente y sensorial o consciente y conceptual</i>	17
<i>El encéfalo sinestésico</i>	19
<i>El origen de la sinestesia y teorías explicativas</i>	21
<i>Sinestesia: ¿un “cruce de cables”?</i>	22
<i>El modelo de desinhibición de conexiones de arriba-abajo</i>	23
<i>El modelo de retroalimentación en bucle</i>	25
<i>Anotaciones finales</i>	27
<i>Referencias</i>	30
<i>PARTE EXPERIMENTAL: Experimental study of phantom colors in a color blind synaesthete</i>	33
<i>Assessment of R’s color identification skills and Color Stroop in R (Experiment 1)</i>	37
<i>Consistency of aura photisms. Is R’s red truly red? (Experiments 2 and 3)</i>	38
<i>Colors of emotion (Experiments 4 and 5)</i>	43
<i>Aura Stroop (Experiment 6)</i>	45
<i>Discussion</i>	46
<i>References</i>	49
<i>Acknowledgements, authors’ contribution and author information</i>	51

La sinestesia: sentidos sin fronteras

Cuando R observa una cara, su mente genera colores que no existen en el mundo que nosotros, los “normales”, vemos como real. La contemplación de una figura humana le hace ver un halo de color que es congruente con la valoración afectiva que R hace en referencia a la persona que está observando (Milán y cols., aceptado). Hace un par de siglos, este tipo de percepción habría sido considerada brujería e incluso hoy en día hay personas que creen en la capacidad de ver el aura – la supuesta capa de energía psíquica invisible que rodea a todo ser vivo. Aunque R no mantiene creencias esotéricas ni proclama tener poderes sobrenaturales, en el pasado su extraordinaria manera de percibir el mundo podría haberle llevado al confinamiento en un hospital de enfermos mentales (Day, 2005; Cytowic, 1993). Debido a la frecuente hostilidad hacia lo extraño, las personas que sufren (o disfrutan de) sinestesia a menudo no hablan de su diferente manera de percibir el mundo, tratando de “pasar de normales” (Day, 2005). La palabra sinestesia proviene del término griego *aisthesis*, percepción, y literalmente significa “percepción unida” (*syn* = “unido”, “junto”). En los sinéstetas, la estimulación de un sentido (por ejemplo, el oído) conlleva una percepción en otra modalidad sensorial añadida (por ejemplo, la vista). En algunos casos, la experiencia sinestética implica la “transducción” de una categoría semántica aprendida (grafemas, números, caras humanas, días de la semana) en una experiencia sensorial (por ejemplo, la percepción de un color “fantasma”).

El primer dato científico sobre sinestesia se debe a Francis Galton (1880) quien observó que un pequeño porcentaje de personas poseían la peculiar capacidad de experimentar la estimulación sensorial en un sentido de manera multimodal, en dos o incluso más modalidades sensoriales (Ramachandran y Hubbard, 2003a). Desgraciadamente, muchas décadas tuvieron que pasar para que sinestesia volviese a ser digna del estudio científico. La idiosincrasia del fenómeno y la natural desconfianza de la comunidad científica hacia lo subjetivo hizo que durante mucho tiempo la sinestesia fue relegada a la periferia de la investigación. En consecuencia, la falta de información médica y psicológica llevó a numerosas desgracias personales cuando sinéstetas que “salieron del armario” fueron diagnosticados como esquizofrénicos, considerados drogadictos e incluso internados en hospitales psiquiátricos (Day, 2005). En el mejor de

los casos los profesionales se mostraban incrédulos, suponiendo que el sinésteta que hablaba de una “melodía amarilla” o de una comida con “sabor puntiagudo” (Cytowic, 1993) simplemente estaba utilizando un lenguaje metafórico.

Los primeros estudios modernos sobre sinestesia pasaron en gran medida desapercibidos o eran considerados mera curiosidad. Lawrence Marks, por ejemplo, en su obra *The Unity of the Senses*, destacó la importancia científica de la sinestesia, subrayando su potencial en el estudio de las bases perceptuales de la metáfora (Marks, 1978). Diez años antes, Luria describió el caso de memoria eidética en un sinésteta “multimodal” con una extraña interconexión entre prácticamente todos los sentidos (Luria, 1968). Sin embargo, debido a la influencia del conductismo y su absoluta desconfianza hacia la subjetividad o incluso una negación de la misma, la psicología no consideró importante el estudio de un fenómeno que sólo podía revelarse a través de informes verbales. Aparentemente, “los científicos del siglo veinte intentaban insistentemente eliminar el papel subjetivo de un observador humano en la recolección de datos empíricos.” (Cytowic, 2002).

Afortunadamente, el panorama ha cambiado en las últimas dos décadas. La labor de algunos investigadores, a destacar Cytowic, Ramachandran y Hubbard, Sean Day, Daniel Smilek, Michael Dixon, entre otros, convirtió la sinestesia en un hecho científico cuya existencia puede ser demostrada y estudiada empíricamente. La confirmación experimental de la realidad del fenómeno dentro del paradigma psicométrico por fin ha convencido a la comunidad científica. De repente aparece un número importante de publicaciones sobre sinestesia en revistas internacionales de impacto. Aparte de los estudios psicométricos se ofrece la posibilidad de someter a los sinéstetas a las modernas y populares técnicas de neuroimagen. (Véase la revisión de Hubbard y Ramachandran, 2005.) En definitiva, la sinestesia es reconocida como un fenómeno que puede abrir puertas hacia enigmas científicos y filosóficos, tales como la naturaleza de la percepción y de los qualia, las bases neurofisiológicas de la metáfora y del lenguaje.

Diagnosticando sinestesia

Cuando la T lee una expresión, como por ejemplo el “*ARCO IRIS*”, cada letra le hace ver un particular tono de color. Si otro sinésteta grafema-color leyese las mismas palabras, su percepción sería marcadamente desigual; el patrón de correspondencia entre fotismos y grafemas cambiaría. Lo mismo puede decirse de cualquier tipo de sinestesia conocido. (Véase la Tabla 1 para apreciar la correspondencia entre números y colores en dos sinéstetas, R y N, estudiados por Milán y cols.)

Tabla 1: La correspondencia ente colores mentales y números en dos sinéstetas léxicos, N y R, estudiados por Milán y cols.

N.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R.	1	2	3	4	5	6	7*	8*	9

* En estos números, R no sabe decir cuál es el color del fotismo asociado.

Un sinésteta, cuyos fotismos son evocados por el sonido de instrumentos musicales, presenta una matriz de asociaciones tono-color particular y diferente de cualquier otro sinésteta “musical”. Asimismo, las descripciones subjetivas apuntan en otro tipo de discrepancias en la experiencia sensorial sinestética. Mientras que algunos sinéstetas describen sus fotismos como manchas de color que flotan “en su mente” de manera parecida a la imaginería visual voluntaria, otros hablan de percepciones que son proyectadas sobre el estímulo externo, como un halo de color o un foco de luz que ilumina el inductor sinestésico. La idiosincrasia y la naturaleza subjetiva del fenómeno dificultan su encaje en la terminología científica. Al mismo tiempo, el término *sinestesia* ha sido aplicado deliberadamente a un amplio rango de fenómenos, desde sinestesia idiopática (adquirida de manera natural en el desarrollo), estados inducidos por drogas, el lenguaje metafórico... hasta creaciones artísticas y teatrales (Cytowic, 2002).

A pesar de esta heterogeneidad fenomenológica, se han ido definiendo una serie de criterios diagnósticos que permiten diferenciar la sinestesia idiopática de otro tipo de

condiciones psicológicas (como alucinaciones o estados de conciencia alterados) o de extravagancias artísticas. Siguiendo a Cytowic (2002), la percepción sinestésica es:

1. involuntaria y automática
2. localizable en el espacio
3. consistente y genérica
4. duradera
5. de una importancia emocional

El carácter involuntario de la sinestesia hace referencia a la imposibilidad de manipular o suprimir intencionadamente la experiencia sinestésica. Cuando un sinésteta “grafema-color” ve un carácter escrito, por ejemplo la letra “R”, al mismo tiempo observará un halo de color que rodea el grafema. A diferencia de un recuerdo que es traído a la mente a causa de una asociación con algún aspecto del mundo externo, la respuesta sinestésica no puede ser controlada por la fuerza de la voluntad. Mientras que a veces somos capaces de dejar de pensar en un recuerdo desagradable, no es posible dejar de ver, oír u oler un estímulo externo a no ser que uno elimine la entrada de información sensorial. Lo mismo puede aplicarse a la percepción sinestésica.

Cuando los sinéstetas describen su experiencia, a menudo hablan de un color proyectado sobre el carácter escrito (sinéstetas grafema-color) o de formas visuales en “una pantalla” situada a cierta distancia delante de la cara (sinésteta auditivo-visual). Un sinésteta, descrito por Cytowic (1993), que experimentaba sensaciones táctiles en respuesta a la estimulación gustativa, solía cambiar la posición de las manos para “alcanzar” la sensación. De ahí que hablemos de la “localizabilidad” espacial de las sensaciones sinestésicas. No obstante, este rasgo es menos obvio en sinéstetas con percepción sinestésica que se parece más a la imaginación visual. (Véase más adelante, sinéstetas “asociadores”.) En esta variante de la sinestesia se mantiene el carácter automático de la respuesta pero la localización espacial es debatible, dado que la percepción no es proyectada externamente. Aún así, lo que caracteriza a todos los casos de sinestesia es su consistencia. Una vez establecidas durante el desarrollo, las asociaciones sinestésicas se mantienen de manera indefinida. Los estudios informan sobre periodos entre pruebas experimentales test-retest con duraciones de semanas, meses o incluso años. Por ejemplo, Baron-Cohen y cols. (1987) estudiaron el caso de un

sinésteta, E.P., que experimentaba colores en respuesta al lenguaje hablado. En la sesión inicial le pidieron a E.P. una descripción minuciosa de los colores que “veía” al escuchar 103 estímulos auditivos (palabras, letras y números). Diez semanas más tarde le pasaron la misma prueba y el sujeto fue consistente al cien por cien con respecto de la sesión anterior. Mientras tanto, en sujetos normales (no sinéstetas) sometidos al mismo test con un periodo entre pruebas de tan sólo dos semanas, la consistencia fue significativamente más baja. (La tasa de correspondencia sólo llegó al 17%.) Es decir, el emparejamiento entre estímulos y respuestas sinestésicas es altamente estable en el tiempo y no es comparable con la ejecución memorística de sujetos normales. En la misma línea, la sinestesia es una condición que se adquiere en la infancia (lo sujetos normalmente informan de poseerla “desde siempre” o desde cuando puedan recordar) y que suele perdurar de por vida. Hasta la actualidad no es conocido ningún caso de remisión espontánea de la sinestesia¹.

Además de su consistencia y su durabilidad, hay otro aspecto que diferencia la sinestesia de otros fenómenos como pueden ser las alucinaciones presentes en trastornos psicóticos – el carácter genérico de las percepciones fantasmas. Las respuestas sinestésicas se corresponden con rasgos perceptuales básicos tales como el color, las texturas y formas visuales simples, las sensaciones táctiles, etc. No se trata nunca de composiciones complejas con carácter pictórico o semántico (Cytowic, 2002).

Finalmente hemos de destacar la relación de la sinestesia con el mundo afectivo de quien la posee. A menudo los sinéstetas informan sobre emociones placenteras que acompañan a la experiencia sensorial, parecidas a la “sensación eureka” (Cytowic, 2002). En ocasiones la sinestesia también puede unirse con afectos negativos, en particular cuando la percepción sinestésica es incongruente con la realidad externa. (Por ejemplo, cuando un sinésteta grafema-color observa una letra escrita con tinta de color diferente del fotismo asociado.) Ciertos tipos de sinestesia están conectados directamente con la emocionalidad. Por ejemplo, el sujeto sinésteta R descrito por Milán y cols. (2006, aceptado) experimentaba colores mentales en respuesta a la visión de caras, figuras humanas y escenas visuales con carga emocional. Habitualmente los colores experimentados eran congruentes con la evaluación afectiva que R hacía de la

¹ Sólo se conocen casos de pérdida de la sinestesia después de un trauma cerebral. (Véase Spalding y Zangwill, 1950; y Sacks, Waserman, Zeki, y Siegel, 1988.)

persona o de la escena en cuestión. (De hecho, R a menudo aprovechaba los fotismos para refinar su valoración.) En raras ocasiones el “aura” sinestésico experimentado por R era incongruente con la relación que R mantenía con una persona particular. Por ejemplo, un amigo de R “era” de color verde “lechuga”, asociado a emociones negativas. Este tipo de incongruencias conllevaba intensos sentimientos negativos. En la literatura hay casos parecidos de sinestesia emocional, a destacar el estudio reciente de Jamie Ward (2004) sobre G.W., quien experimentaba colores mentales ante caras y nombres de personas conocidas, así como en respuesta a palabras con carga emocional.

Demostraciones empíricas de la sinestesia

El escepticismo inicial de los psicólogos, neurólogos y otros profesionales con respecto de la sinestesia se debía en gran medida a la falta de métodos experimentales que demostrasen de un modo objetivo la realidad del fenómeno. Desgraciadamente, la ciencia tardó décadas en retomar el tema, considerar la posibilidad de que se tratase de “algo” real y por fin invitar a los sinéstetas a participar en estudios experimentales que pudiesen confirmar o desmentir la autenticidad de su condición.

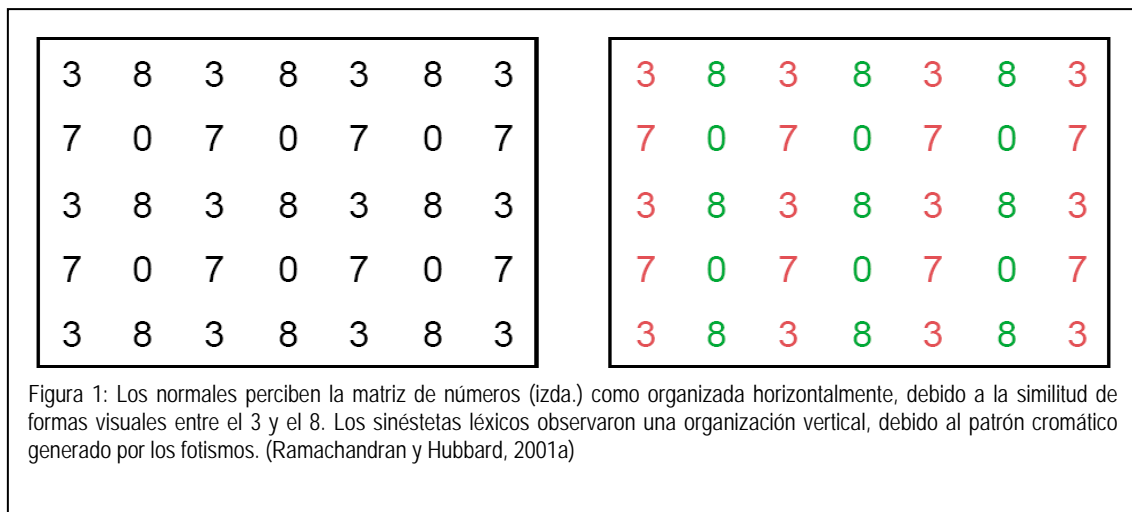
Como hemos dicho anteriormente, uno de los indicios que apuntan en la realidad del fenómeno es su consistencia a través del tiempo. Para evaluar la consistencia, al sujeto se le presenta un inductor sinestésico (por ejemplo, un grafema en el caso de sinéstetas léxicos o un tono en los sinéstetas musicales) y se le pide un informe verbal sobre la sensación sinestésica asociada (por ejemplo, el color del fotismo). (En diseños más sofisticados suele utilizarse una tabla estandarizada de colores para discernir los fotismos con mayor exactitud.) La prueba se repite pasado un tiempo. Siguiendo este método, prácticamente en todos los estudios publicados la consistencia de los sinéstetas se acerca al 100% (p.ej., Baron-Cohen, 1987; Dixon y cols., 2000; Mattingley y cols., 2001; Milán y cols., aceptado). La estabilidad de asociaciones sinestésicas se mantiene aún cuando es evaluada tras lapsos de tiempo prolongados hasta un año (Baron-Cohen y cols., 1993).

No obstante, la consistencia alta por sí misma no aclara el mecanismo subyacente. Hace relativamente poco, la explicación más común de la sinestesia era en términos de asociaciones aprendidas, posiblemente debido a experiencias de aprendizaje durante la

infancia (Ramachandran y Hubbard, 2003a). En teoría un sinésteta léxico podría haber jugado con pegatinas con letras de alfabeto en color y así haber desarrollado una fuerte asociación entre un color y una letra particular. Esta posibilidad estimuló en los años ochenta los primeros estudios que aspiraban a averiguar si se trataba de un fenómeno genuinamente sensorial o no. Los diseños iniciales (y también muchos de los actuales) se apoyaban en modificaciones de la tarea Stroop (Stroop, 1935) y consistían en presentar a un sinésteta grafema-color una cartulina con un carácter impreso en tinta de color congruente o incongruente con el fotismo asociado (p.ej., Wollen y Ruggiero, 1983; Mills y cols., 1999). Dixon, Smilek, Cudahy y Merikle utilizaron la misma lógica en un estudio reciente (Dixon y cols., 2000) con el sinésteta C cuyo inductor sinestésico eran los caracteres numéricos árabes. Los estímulos consistían en un cuadrado de color (línea base) o un número escrito en tinta congruente o incongruente con el fotismo; fueron presentados en orden aleatorio en la pantalla de un ordenador. La tarea del sujeto consistía en nombrar el color de la tinta lo más rápido posible. La respuesta fue registrada con un micrófono, siendo la variable dependiente el tiempo de reacción de C. Como era de esperar, C tardó significativamente más en responder en los ensayos incongruentes (797 ms, 2.8% de errores) con respecto de los congruentes (525 ms, 1.4% de errores) y de la línea base (545 ms, 0.0% de errores).

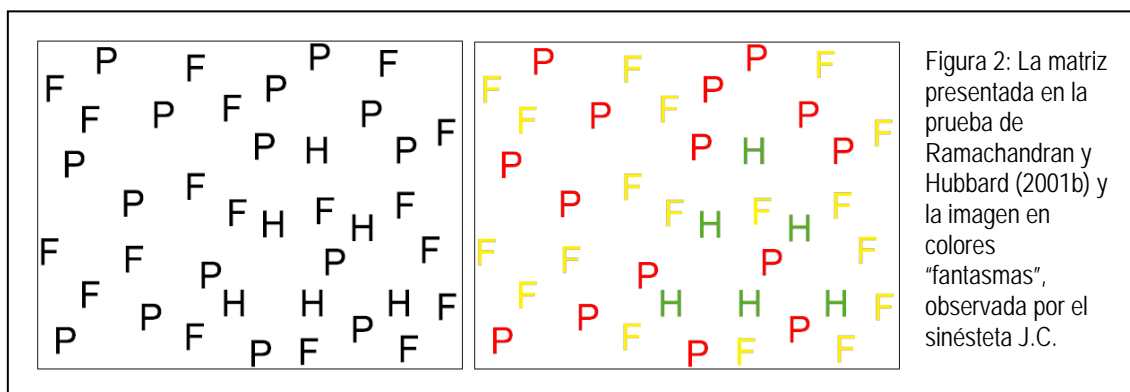
Este resultado fue replicado en numerosos estudios (p.ej., el estudio de Mattingley y cols., 2001 con un grupo de 15 sinéstetas) y apunta en la automaticidad de la respuesta sinestésica. Sin embargo, otra vez el efecto por sí mismo no demuestra si la sinestesia es el resultado de un proceso perceptual o no. MacLeod y Dunbar en su serie experimental del 1988 entrenaron sujetos no-sinéstetas para asociar formas geométricas acromáticas con etiquetas de colores. Tras miles de ensayos los participantes fueron sometidos a una prueba tipo Stroop en la cual las formas originales fueron presentadas en colores congruentes o incongruentes con la asociación original. Los resultados desvelaron un patrón de interferencia que sólo podía deberse al sobreaprendizaje anterior. Este tipo de evidencia sugiere que un mecanismo de asociación basado en la memoria podría ser suficiente para explicar los tiempos de reacción de los sinéstetas. Sin embargo, los informes subjetivos no concuerdan con esta hipótesis. Los sinéstetas normalmente no hablan en términos de imaginar el fotismo o de acordarse de un color al ser expuestos a un estímulo inductor. Las descripciones suelen referirse a un halo de color específico (Smilek y Dixon, 2003), una sensación táctil concreta (Cytowic, 1993) o un sabor en la lengua. En definitiva, los informes verbales sugieren que la sinestesia es “un fenómeno

genuinamente sensorial” (Ramachandran y Hubbard, 2003a). Para poner a prueba esta hipótesis es necesario investigar hasta qué punto los colores “fantasmas” llevan a efectos sensoriales que se dan con colores reales. Ramachandran y Hubbard (2001a)



estudiaron a dos sinéstetas (J.C. y E.R.) que veían fotismos en respuesta a la visión de letras y números. Para ver si se trataba de un procesos sensorial o no, los autores construyeron matrices de números 7x5 que, por su forma visual, podían ser agrupados bien horizontalmente o bien verticalmente. Cuando un rasgo visual lleva a la formación de conjuntos que son percibidos como un todo, se considera que tal rasgo es puramente perceptivo (Beck, 1966; Treisman y Gelade, 1980). Por ejemplo, si una serie de puntos adyacentes en una matriz tienen un color diferente del resto, son reconocidos como grupo cuya forma “destaca” del fondo. El agrupamiento perceptual puede surgir en respuesta a características visuales simples como el color, la forma o la orientación de elementos individuales. En el diseño de Ramachandran y Hubbard, los elementos individuales eran números que, debido a la similitud entre los elementos en filas (3 y 8) podían ser percibidos como organizados horizontalmente (Figura 1, izquierda). No obstante, la distribución de los números fue adaptada de manera que los elementos en columnas alternantes (3 y 7, 8 y 0) estimulaban los mismos colores sinestésicos. Si los fotismos se comportaran de manera parecida a colores reales, deberían superponerse a la organización horizontal inducida por la forma de los números y llevar a una percepción de columnas verticales (Figura 1, derecha). Y efectivamente, ambos sinéstetas informaron de observar agrupaciones verticales en un 90.97% (J.C.) y un 86.75% (E.R.) de los ensayos, mientras que los controles tendían a agrupar los elementos en base a la forma de los caracteres, es decir, horizontalmente.

En otro experimento Ramachandran y Hubbard trabajaron con matrices de grafemas que contenían una figura geométrica (rectángulo, triángulo, paralelepípedo o cuadrado) formada por agrupación de caracteres idénticos, entremezclados con otros grafemas (Figura 2, izquierda). La tarea de los sujetos consistía en observar cada matriz durante 1 segundo, intentando discriminar la figura “oculta”. Los controles sólo acertaron en un 59.4% de los casos. Mientras tanto, los sinéstetas discernieron la figura geométrica correctamente en un 81.25% de los ensayos. La explicación más parsimoniosa es que en los sinéstetas los fotismos inducidos por los grafemas llevan a un efecto de segregación sensorial (“pop-out”) de la forma que componen. (Un resultado parecido se obtendría con normales expuestos a matrices con caracteres en color real, como la de la Figura 2 derecha.)



Los resultados de ambos experimentos de Ramachandran y Hubbard (2001a) sugieren que la sinestesia se debe a un proceso de naturaleza sensorial y no puede ser atribuida a un efecto de la memoria o a un uso excesivo de lenguaje metafórico por parte de los sinéstetas. En consonancia con los resultados anteriores, Smilek y cols. (2001) demostraron que los fotismos realmente pueden influir en la percepción visual. Los investigadores presentaron un carácter numérico acromático (p.ej., 4) sobre un fondo de color, seguido de una máscara en una tarea de identificación. Cuando el número fue presentado sobre un fondo congruente con el fotismo del sujeto sinésteta C, la ejecución fue peor (88% de aciertos) con respecto de la condición incongruente (96%). En otras palabras, cuando el fotismo proyectado sobre el grafema era del mismo color que el fondo, la discriminación era más difícil para C. El mismo resultado fue obtenido en una tarea de búsqueda visual de un grafema entre distractores (Figura 3). Otra vez, la ejecución del sujeto sinésteta (el tiempo de reacción) fue peor para ensayos congruentes en comparación con los incongruentes.

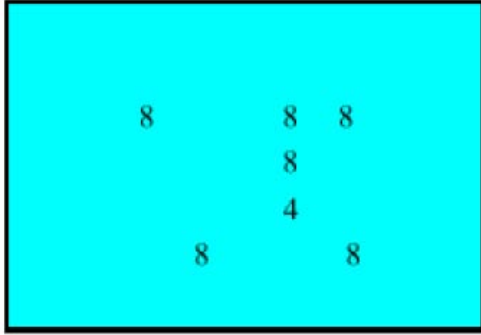


Figura 3: La sinésteta C fue significativamente más lenta en localizar objetivos (números), cuando los caracteres fueron presentados sobre un fondo congruente con el fotismo inducido por el grafema-objetivo (azul, para el número 4). En comparación, en la condición incongruente el aumento del número de distractores prácticamente no afectaba a la ejecución de la sinésteta. (Smilek y cols., 2001)

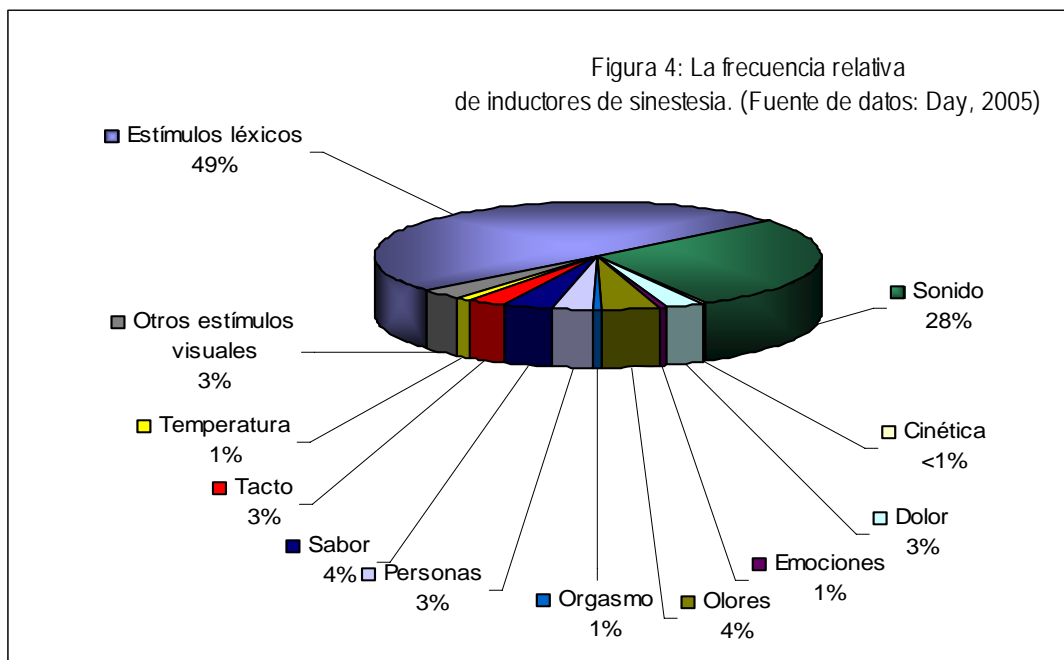
El cuerpo de evidencia disponible indica que las explicaciones en términos de memorias infantiles o de usos excesivos de la metáfora están fuera del lugar. La sinestesia parece ser un proceso de naturaleza perceptual, probablemente debido a una comunicación anómala entre áreas cerebrales, como veremos en la parte final de este texto. En los siguientes apartados vamos a examinar datos sobre la incidencia de la sinestesia en la población general e intentaremos analizar los diferentes subtipos de esta peculiar condición neuropsicológica.

Prevalencia y subtipos de sinestesia

La sinestesia es una condición poco frecuente. Aunque las estimaciones de prevalencia han variado considerablemente en estudios diferentes, el consenso parece apuntar en una frecuencia de 1 de 2000 (0.05%), propuesta en el artículo de Baron-Cohen y cols. (1996). El mismo estudio estima una proporción de 6 mujeres por cada varón con sinestesia. Datos anecdóticos sugieren que los sinéstetas tienden a ser malos en matemáticas, tienen poco sentido de la orientación y son propensos a experiencias “precognitivas” como “déjà vu” o sueños premonitores (Cytowic, 1996). Varios autores informan de una alta frecuencia de profesiones y/o aficiones creativas y artísticas entre sinéstetas (Galton, 1880; Domino y cols., 1989; Dailey y cols., 1997; Ramachandran & Hubbard, 2001b).

El estudio más completo sobre la demografía y la prevalencia de sinestesia (Rich y cols., en prensa) estima la prevalencia en 1 de 1150 (0.087%) en mujeres y 1 en 7150 (0.014%) en hombres, confirmando, además, la mayor probabilidad de esta condición entre parientes genéticos (36%). Hay que anotar que la estimación de prevalencia de

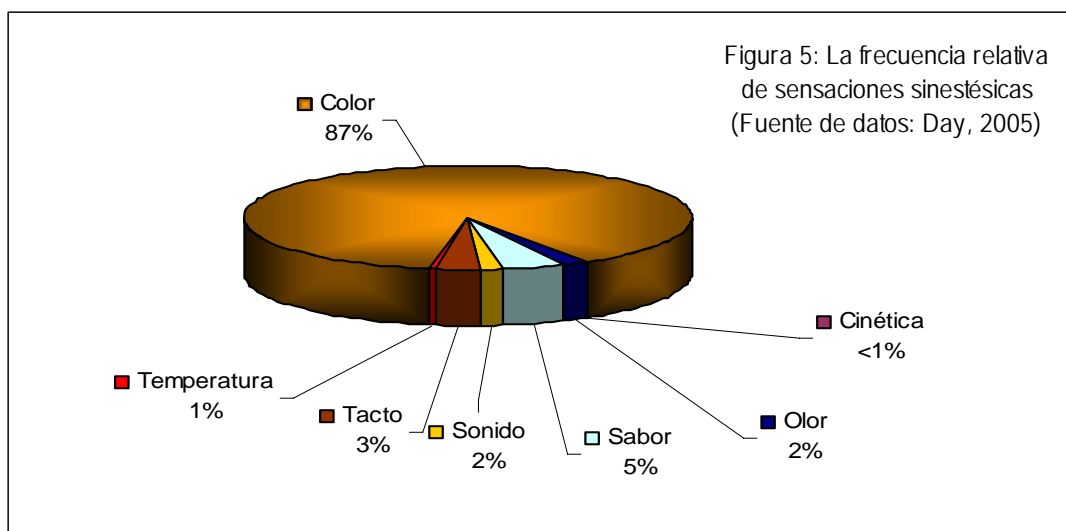
Rich y colaboradores es probablemente conservadora, dada la metodología empleada por los autores². El estudio concuerda con los datos anecdóticos en cuanto a las tendencias artísticas de los sinéstetas. Un 24% de los 192 sinéstetas que participaron en el estudio estaban involucrados en profesiones artísticas. (En comparación, datos estadísticos sobre la población de referencia indican que sólo un 2% de personas trabajan en el campo del arte.) Los investigadores también preguntaron a los sinéstetas sobre las posibles ventajas y desventajas de la sinestesia. La mayoría de los sinéstetas encuestados (71%) percibían su condición positivamente, informando que la sinestesia les facilitaba el recuerdo y la organización de datos, era una fuente de placer mental e inspiración creativa. Aproximadamente un tercio de los participantes indicaron algunos aspectos negativos, principalmente una confusión debida a la incongruencia entre la percepción sinestésica y la realidad, como por ejemplo cuando el significado de una palabra no concuerda con el color del fotismo. Los sinéstetas léxicos informaron sobre sentimientos contradictorios debidos a su predisposición negativa hacia personas cuyo nombre era percibido en colores mentales negativos. Una minoría se quejaba de sobrecarga sensorial y de sentirse incómodos por ser “diferente” de otras personas.



En cuanto a los diferentes subtipos de sinestesia, todos los autores están de acuerdo en que la condición más frecuente es la sinestesia inducida por estímulos léxicos, es decir, números, letras o palabras (Cytowic, 1993; Baron-Cohen y cols., 1996;

² Los autores utilizaron un anuncio en el periódico The Australian para contactar con los sinéstetas. Es posible que no todos los individuos con sinestesia que leyeron el periódico respondieron al anuncio.

Rich and Mattingley, 2002; Day, 2005; Rich y cols., en prensa). En el estudio de Rich y cols. exclusivamente un 2% de los sinéstetas encuestados no experimentaban respuestas sinestésicas ante estímulos léxicos (palabras, fonemas o grafemas) y sólo presentaban otras modalidades de sinestesia. Las variantes no-léxicas de la sinestesia son considerablemente menos frecuentes. (Véase la figuras 4.) Aún así, gran parte de los sinéstetas (50% según Day, 2003) experimenta sinestesia a través de más de una modalidad sensorial. (Por ejemplo, los sinéstetas “léxicos” experimentan fotismos al ver, escuchar o pensar en números o letras.) A pesar de que en la mayoría de los sinéstetas la sensación “fantasma” es el color, en la literatura hay casos documentados de olor, tacto, temperatura, sonido, sabor y sensaciones propioceptivas como respuestas sensoriales concurrentes (Figura 5).



De acuerdo con Day (2005) existen dos grandes categorías generales de sinestesia:

- a) Sinestesia cognitiva: inducida por estímulos asociados a significados simbólicos aprendidos a través de la cultura (grafemas, fonemas, nombres propios, días de la semana, etc.).
- b) Sinestesia básica (“synaesthesia proper” en el original): los estímulos de una modalidad sensorial son percibidos simultánea e involuntariamente a través de otro canal sensorial (p.ej., “ver la música”)

Esta distinción se solapa en parte con la propuesta por Marks y Odgaard (2005) quienes hablan de sinestesia intramodal (el inductor y la respuesta sinestésica pertenecen a la misma modalidad sensorial, p.ej. ver grafemas en colores mentales) y de

sinestesia intermodal (el estímulo de un sentido es experimentado simultáneamente por otro, p.ej. sensaciones táctiles asociadas a sabores). No obstante, el solapamiento no es total, ya que existen casos de sinestesia cognitiva tanto intramodal como intermodal³. Por otro lado, también podemos encontrar variantes intramodales no-léxicas. Hay sinéستetas en los que formas y escenas visuales estimulan la aparición de fotismos. El sinéستeta R, descrito por Milán y cols. (2006), experimentaba color rojo al observar el cielo con nubes. Este subtipo de sinestesia es claramente intramodal, sin que se tratase de sinestesia cognitiva (no está asociado a ningún tipo de semántica de índole cultural) pero tampoco de sinestesia básica (“proper”) en el sentido de Day. Teniendo en cuenta lo anterior, consideramos más oportuno utilizar la distinción de Marks y Odraard en primer lugar, matizando los aspectos cognitivos de la sinestesia que a veces pueden ser difíciles de discernir. Por ejemplo, en el caso de “música cromática” es posible que la sinestesia esté condicionada culturalmente, por el aprendizaje de la música, pero también podría tratarse de un proceso más directo de “transducción” del input auditivo a la modalidad visual.

Otra matización de la experiencia sinestésica tiene que ver con la forma de experimentar la percepción “fantasma.” De acuerdo con Dixon y cols. (2004) existen dos variedades cualitativamente diferentes de la sinestesia léxica. En los sinéستetas “proyectores” el fotismo es percibido en el espacio externo, mientras que los sinéستetas “asociadores” observan el color “fantasma” “en su mente”, sin proyección al exterior. Dixon y colaboradores descubrieron que ambos grupos difieren no sólo en las descripciones subjetivas, sino también en la ejecución en la tarea Stroop modificada. El experimento implicaba dos tareas: nombrar el color del grafema presentado o nombrar el color del fotismo asociado al grafema. El color del grafema podía ser congruente o incongruente con el fotismo. Los resultados indican que los sinéستetas “proyectores” son más sensibles a la interferencia del fotismo al nombrar el color de la tinta que viceversa. Es decir, el fotismo interfiere significativamente con la detección del color real pero el color real interfiere poco o nada con la tarea de nombrar el fotismo. Mientras tanto, los sinéستetas “asociadores” eran marginalmente más rápidos en nombrar el color real y la interferencia tipo Stroop tendía a ser igual en ambas tareas. Ramachandran y Hubbard (Ramachandran y Hubbard, 2001b; Ramachandran y Hubbard, 2003b; Hubbard y

³ Por ejemplo, cuando la escucha de fonemas, pero no de sonidos sin significado, lleva a la percepción de fotismos, se trataría de un subtipo cognitivo intermodal.

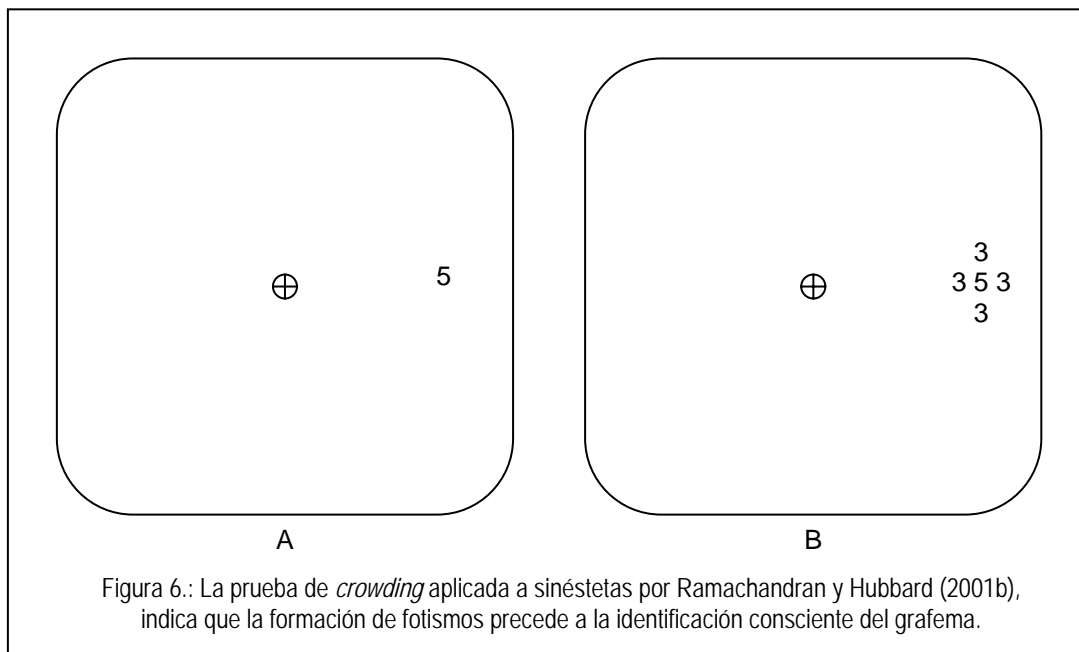
Ramachandran, 2005) proponen que estas dos clases de sinestesia a su vez difieren en el tipo de estímulos inductores. Mientras que los “proyectores” suelen ser estimulados por el estímulo externo (p.ej., un grafema que representa un número) directamente, los “asociadores” responden sinestéticamente al concepto en sí. De ahí que los “asociadores” presenten fotismos en respuesta a un rango más amplio de estímulos que evocan el concepto inductor (por ejemplo, los días de la semana, los meses, etc., que evocan el concepto numérico). Ramachandran y Hubbard (2001b, 2005) opinan que estos dos tipos de sinestesia podrían estar ligados a mecanismos neurales diferentes y proponen una clasificación alternativa en sinéstatas “inferiores” (“lower synesthetes”) y sinéstatas “superiores” (“higher synesthetes”). En los sinéstatas inferiores los fotismos probablemente surgen temprano en la cadena de procesamiento sensorial, respondiendo a rasgos perceptuales del estímulo inductor. Por otro lado, los colores mentales de los sinéstatas superiores surgen en respuesta a aspectos más abstractos que son procesados en áreas cerebrales diferentes. De ahí que la ejecución de ambos grupos en tareas perceptuales no sea igual (Dixon y cols., 2004; Hubbard y Ramachandran, 2005).⁴ Por ende, este tipo de diferencias individuales entre sinéstatas podrían explicar gran parte de las inconsistencias observadas entre algunos resultados experimentales (Hubbard y Ramachandran, 2005). Por ejemplo, el estudio de Palmeri y cols. (2002) desvela efectos fuertes de segregación sensorial sinestésica en una tarea de búsqueda visual de grafemas. En un experimento similar con 14 sujetos (Edquist y cols., 2005), sólo 2 de los sinéstatas mostraron facilitación en la búsqueda con respecto de los controles, y ninguno de ellos presentó un patrón de “pop-out” sensorial. Posiblemente, en el estudio de Palmeri todos o casi todos los sujetos fueran de tipo “proyector” o “inferior” mientras que no lo fueran en este segundo estudio⁵. Dada la heterogeneidad del fenómeno, hay que ser particularmente cauto en el diseño y el manejo de los datos, ya que al promediar las puntuaciones individuales fácilmente podría llegarse a una desinterpretación de la realidad. De ahí que en muchos casos la estrategia experimental más recomendable pueda ser la de un diseño de caso único o de comparación individual entre sinéstatas (Smilek y Dixon, 2002).

⁴ No está claro si la división propuesta refleja una dimensión dicotómica que corresponde a una distinción cualitativa entre sinéstatas o si puede haber un continuo, con casos de sinéstatas “a medio camino” entre sinestesia inferior y superior.

⁵ Esto es perfectamente plausible teniendo en cuenta que sólo aproximadamente 10% de los sinéstatas son de tipo “proyector” (Dixon y cols., 2004) y, por lo tanto, no es posible esperar que los efectos sensoriales se den por igual en todos.

Preconsciente y sensorial o consciente y conceptual

Si usted fijase su mirada en el punto central de la Figura 6 A, sería capaz de discernir el número 5 situado lateralmente. No obstante, si el mismo número está rodeado por distractores (Figura 6 B), resulta casi imposible discriminarlo (Bouma, 1970). En contraste con los sujetos normales, dos sinéستetas estudiados por Ramachandran y Hubbard (2001b), sometidos a esta prueba de *crowding* perceptual, sí eran capaces de descifrar el número “invisible”, deduciéndolo por el color del fotismo asociado⁶. Este resultado sugiere que el color “fantasma” surge a un nivel preconsciente, antes de que se dé el efecto de *crowding* resultante de la sobrecarga de recursos atencionales por los distractores. Los resultados de Smilek y cols. (2001) apuntan en la misma dirección. El sinéستeta C realizó una tarea de identificación visual de números que eran presentados brevemente en la pantalla. Cuando los grafemas fueron presentados sobre un fondo de color incongruente con el fotismo, C era significativamente más rápido en identificarlos que en la condición congruente. Parece poco plausible que el fotismo influya la identificación si surgiese después del reconocimiento consciente del carácter.



Sin embargo, no toda la evidencia es consistente con la hipótesis preconsciente. En el estudio de Mattingley y cols. (2001), los autores sometieron quince sinéستetas a

⁶ Este efecto no se da en todos los sinéستetas. Probablemente sólo los sinéستetas inferiores respondan sinestéticamente ante grafemas presentados a un nivel no consciente. (Hubbard y cols., 2005)

una tarea de *priming* con grafemas inductores de sinestesia, presentados durante un tiempo muy corto (28 o 56 ms) y seguidos de una máscara, para eliminar el reconocimiento consciente del carácter. La tarea de los sujetos consistía en nombrar el color de un cuadrado presentado en la pantalla después del “prime”. Sorprendentemente, no se observó influencia alguna de fotismos (asociados al grafema enmascarado) sobre el tiempo de reacción en la identificación del color, aún cuando los sujetos sí mostraron un patrón de *priming* clásico en la tarea de reconocimiento de grafemas. (Es decir, cuando en lugar de un cuadrado en color los sujetos tenían que identificar un grafema presentado después del carácter enmascarado, las respuestas eran más rápidas cuando ambos caracteres – el “prime” y el objetivo – eran iguales. Aunque la identidad del “prime” fue reconocida a un nivel no consciente, no llevó a la inducción de fotismos correspondientes.)

La discusión sobre si la consciencia del estímulo es necesaria o no para que se dé la respuesta sinestésica (el fotismo) va en paralelo con el debate sobre el carácter conceptual o perceptual del estímulo inductor. Mientras que los resultados de Mattingley y cols. (2001) sugieren que la identificación del estímulo léxico es una condición para que surja el fotismo, otros estudios apuntan en que los colores mentales son una respuesta directa a los aspectos perceptuales del inductor. Ramachandran y Hubbard (2001a, 2001b) mencionan una serie de efectos que ilustran la dependencia de los fotismos de las características físicas del estímulo, como el contraste, la excentricidad del estímulo o la frecuencia de presentación alternada de dos grafemas inductores. Por otro lado, el hecho de que los sinéstetas grafema-color presenten fotismos ante fuentes tipográficas extrañas o incluso ante textos escritos a mano, apunta en la importancia de la interpretación cognitiva más que de los rasgos visuales por sí.

¿Estamos entonces tratando con un fenómeno sensorial o no? En nuestra opinión, para superar las inconsistencias es necesario, antes del todo, avanzar en la distinción entre sinéstetas superiores e inferiores y, a ser posible, controlar la presencia de ambos grupos en el diseño experimental. La evidencia sugiere que el grado de dependencia de los aspectos perceptuales o conceptuales no es el mismo en todos los sinéstetas. Como hemos dicho anteriormente, en esta fase de la investigación de la sinestesia el diseño de grupo puede no ser el más apropiado, dada la gran variabilidad interindividual. En segundo lugar, quizás la distinción dicotómica entre procesos pre- y post-atencionales (o preconscientes y conscientes o sensoriales y conceptuales) sea demasiado simple para

dar cuenta de la ejecución de sinéستetas en tareas conductuales (Ramachandran y Hubbard, 2005). Incluso en los pocos casos de sinéستetas grafema-color inferiores que muestran patrones de ejecución propiamente sensoriales, es lógico esperar al menos alguna influencia de procesos conceptuales. Sería difícil creer que la sinestesia grafema-color, cuyo arranque está íntimamente relacionado con el aprendizaje de la lectura, fuera un proceso puramente sensorial, independiente del conocimiento léxico que está en su origen. De hecho, en el caso de estímulos ambiguos (por ejemplo, 9089 y SOL), el color sinestésico suele cambiar en función de la interpretación dependiente del contexto. La cuestión que queda por aclarar es si éste y otros efectos son el resultado de una modulación de arriba-abajo, como creen Ramachandran y Hubbards (2001b), o si el fotismo surge una vez interpretada la identidad del grafema, la postura defendida por Mattingley y cols. (2001).

El encéfalo sinestésico

Pese a la evidencia conductual acumulada, algunos teóricos seguían dudando sobre la realidad del fenómeno y manteniendo que la sinestesia podía ser el resultado de asociaciones particularmente fuertes, desarrolladas durante el periodo infantil. Al parecer, la ciencia moderna tiene poca fe en el individuo y siempre pide pruebas “hechas a máquina” para confirmar cualquier dato tachado de subjetivo. Para convencer a los escépticos y dar un tiro de gracia a las explicaciones asociacionistas, los investigadores no tardaron mucho en someter a los sinéستetas a las tecnologías más modernas de neuroimagen.

La primera investigación del cerebro sinestésico, realizada por Cytowic y Wood (1982), confirmó la sospecha de que el funcionamiento neuronal de los sinéستetas difería del de una persona normal. Desgraciadamente, el sujeto estudiado (MW) mostraba una actividad cerebral anómala incluso cuando no experimentaba sinestesia, lo cual dificultó la interpretación de los datos. En el 1995 Paulesu y cols. sentaron a seis mujeres con sinestesia auditiva léxico-cromática en un escáner de tomografía por emisión de positrones (PET). Los resultados confirmaron las hipótesis, desvelando actividad en áreas visuales (corteza temporal posterior-inferior y cisura parieto-occipital) de las sinéستetas, expuestas a palabras presentadas auditivamente. Sorprendentemente, la

actividad del área responsable del procesamiento del color en humanos (V4/V8) no alcanzaba niveles de significación. Aún así, el funcionamiento cerebral de los sujetos sinéstetas difería claramente de los controles cuyas áreas visuales se mantenían inactivas ante la misma estimulación sensorial.

Las investigaciones posteriores han empleado tecnologías más finas para avanzar en la comprensión de la neuroanatomía funcional de la sinestesia. Weiss y cols. (2001) trabajaron con RS, un sinésteta léxico-cromático que presentaba fotismos en respuesta a nombres de personas familiares. La resonancia magnética funcional (fMRI) reveló activación bilateral del área V4, activación de la corteza visual extraestriada, así como de la corteza retro-splenial que suele asociarse con la detección de familiaridad personal. El estudio de Nunn y cols. (2002), realizado con fMRI, también desveló activación en áreas del color (V4/V8) en el hemisferio izquierdo de sinéstetas léxico-cromáticos expuestos a palabras presentadas auditivamente, pero no ante no-palabras y tonos. Los sujetos controles entrenados en asociar colores específicos con palabras no mostraron este patrón de activación. Otro dato de importancia que concuerda con los resultados anteriores es la ausencia de activación en áreas de procesamiento visual temprano (V1, V2), lo cual sugiere que estas regiones no son necesarias para experimentar colores sinestésicos. El único estudio cuyos resultados no concuerdan con esta hipótesis fue publicado por Aleman y cols. (2001), quienes detectaron actividad en la región V1 en un sinésteta léxico-cromático al presentar palabras auditivamente. No obstante, como la activación observada sólo alcanzó niveles marginales de significación y al tratarse de un caso aislado, es poco probable que este dato sea generalizable.

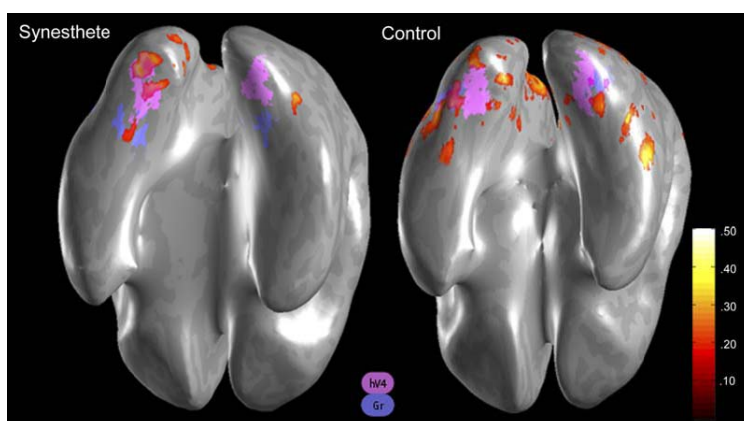


Figura 7: Imagen fMRI de la cara ventral de dos cerebros inflados. El área V4 está marcada en color púrpura y la región de procesamiento de grafemas marcada en azul. En ambos sujetos puede apreciarse activación en el área de grafemas pero sólo el sujeto sinésteta presenta actividad en el área del color V4. (Hubbard y Ramachandran, 2005)

Prácticamente todos los estudios apuntan en la importancia del área de procesamiento del color (V4/V8) en la generación y/o experimentación de fotismos. Para explorar el grado de implicación de este y otros áreas visuales, Hubbard y cols.

(2005) combinaron la fMRI con medidas conductuales (la prueba de crowding y la prueba de pop-out sinestésico) en un diseño con 6 sinéstetas grafema-color y 6 sujetos controles. Al comparar los datos conductuales con los de la fMRI, observaron una correlación significativa entre el nivel de activación de áreas visuales (particularmente el V4) y la ejecución en las pruebas perceptuales. En otras palabras, los sinéstetas que alcanzaron mejores puntuaciones conductuales, también presentaban una actividad neuronal más alta en el área del color (V4) al ser expuestos a grafemas acromáticos. Este dato va a favor de la idea de que los sinéstetas, incluso los que presentan la misma variedad de sinestesia, constituyen un grupo heterogéneo con importantes diferencias interindividuales. Posiblemente la activación de las áreas visuales sea mayor en los sinéstetas que perciben sus fotismos como proyectados externamente (Figura 7). De todos modos, la consecuencia lógica de casi todos los estudios de neuroimagen es que por lo menos en algunos sinéstetas, los fotismos se parecen bastante a la experiencia del color real no sólo a nivel subjetivo sino también a nivel neuronal.

El origen de la sinestesia y teorías explicativas

Antes de presentar los principales modelos neuronales de sinestesia, es conveniente mencionar algunos datos sobre su hipotético origen genético. A pesar de que los estudios centrados en la incidencia y la heredabilidad de sinestesia son más bien escasos, la inmensa mayoría de los autores indica que la sinestesia idiopática tiende a aparecer más a menudo entre parientes (p.ej., Galton, 1880) y es aproximadamente 6 veces más frecuente en mujeres (Baron-Cohen y cols., 1996; Rich y cols., en prensa). Este dato de por sí apunta en un probable origen genético de la condición sinestésica. Las investigaciones de incidencia familiar sugieren que se trata de un rasgo dominante ligado al cromosoma X (Bailey y Johnson, 1997). Por otro lado, el estudio de Smilek y cols. (2001) indica que la heredabilidad de la sinestesia podría ser más compleja. Los investigadores descubrieron un caso de gemelas monozigóticas de las que solamente una presenta sinestesia léxico-cromática. (Su sinestesia fue comprobada experimentalmente utilizando la variante modificada de la tarea Stroop.) Los autores proponen que la ausencia de la condición en una de las hermanas podría deberse bien a la inactivación del cromosoma X o a la presencia de una mutación del gen responsable de la sinestesia.

Con todo, teniendo en cuenta la evidencia acumulada, la probabilidad de que la genética contribuye al desarrollo de la sinestesia es muy alta. Las cuestiones a responder son, en primer lugar, cuál es el mecanismo específico de transmisión genética y, en segundo lugar, cómo afecta el supuesto gen (o genes) la neuroanatomía, dando lugar a la alteración sensorial de la sinestesia. Con respecto a la segunda pregunta, existen al menos tres teorías sobre el mecanismo neuronal a través del cual la estimulación sensorial normal lleva a la experiencia de fotismos. Dada la gran prevalencia de la variante grafema-color en la población sinésteta, en un principio los tres modelos que vamos exponer a continuación, han sido propuestos para explicar esta modalidad del fenómeno.

Sinestesia: ¿un “cruce de cables”?

El núcleo de todas las teorías neurocognitivas de la sinestesia es la postulación de algún tipo de comunicación neuronal anómala. Si zonas corticales específicas, cuya comunicación es limitada en un cerebro normal, establecen conexiones activas, esto puede llevar a la generación de sensaciones “fantasmas”, como en el caso de pacientes amputados que experimentan sensaciones táctiles en su miembro inexistente (Ramachandran y cols., 1992). Este fenómeno inspiró a Ramachandran y Hubbard para desarrollar su modelo de interconexión local que puede dar cuenta de la aparición de fotismos en los sinéstetas léxicos-cromáticos (Ramachandran y Hubbard, 2001b, Ramachandran y Hubbard, 2003b, Hubbard y Ramachandran 2005). Al estudiar la sinestesia grafema-color, los autores cayeron en la cuenta de que tanto el área cerebral del color (V4) como el área visual responsable del procesamiento de grafemas están situadas en la misma zona cortical - el giro fusiforme. Si en un cerebro humano ambas áreas establecieran comunicación neuronal, lo esperable sería que el sujeto experimentase colores en respuesta a la visión de grafemas⁷. La cuestión es, ¿por qué y cómo se desarrollarían estas conexiones entre zonas que procesan aspectos diferentes de la entrada visual?

En el transcurso de la maduración cerebral el encéfalo pasa por una etapa de estabilización de conexiones, cuando un gran número de sinapsis redundantes es eliminado en el proceso llamado *poda axónica*. Si una mutación genética causara un fallo en este proceso madurativo en zonas específicas, el cerebro conservaría conexiones

⁷ En teoría, también podría ocurrir lo contrario – experimentar grafemas en respuesta a la visión de colores. Véase la discusión de Hubbard y Ramachandran (2005) de por qué tal posibilidad es poco plausible.

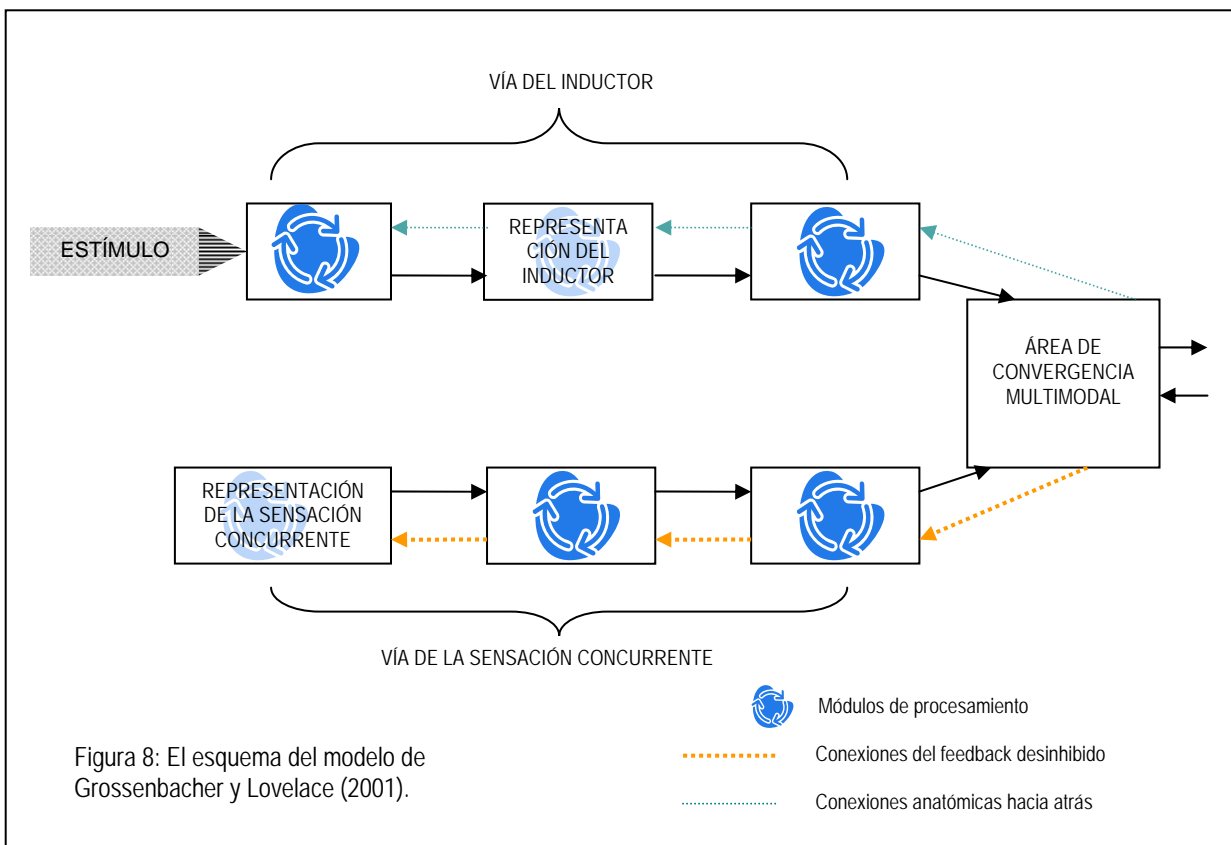
neuronales que podrían llevar a la experimentación de sensaciones inusuales como las de la sinestesia. El hecho de que dos regiones corticales como el V4 y la zona de procesamiento de grafemas sean próximas físicamente, incrementa la probabilidad de comunicación neuronal entre ambas. Además de la evidencia de estudios de neuroimagen que implican el V4 en la experiencia de sinestesia léxico-cromática, los autores anotan que las conexiones anatómicas entre áreas infero-temporales y el V4 han sido descubiertas en fetos de macacos (Kennedy y cols., 1997). Gracias a la poda axónica, la proporción de aferencias al V4 procedentes de áreas superiores se reduce radicalmente en animales adultos. Los autores postulan que, en humanos, una mutación genética podría llevar a una poda axónica deficiente en el giro fusiforme y, en consecuencia, a la perduración de la conectividad anómala en el cerebro adulto. La inducción de fotismos sería, por lo tanto, una consecuencia de la activación del área del color a través de conexiones procedentes de la región del procesamiento visual de grafemas.

El modelo de desinhibición de conexiones de arriba-abajo

No todos los autores están de acuerdo con la necesidad de postular conexiones anómalas en la sinestesia. Grossenbacher y Lovelace (2001) defienden que para explicar la percepción sinestésica es suficiente considerar el funcionamiento de la maquinaria cerebral normal. El procesamiento de la entrada sensorial, por ejemplo la visual, progresa a través de módulos cerebrales organizados jerárquicamente. La información es descompuesta en rasgos particulares (el color, el movimiento, la forma, etc.) que son analizados por áreas especializadas. Después de pasar por varias etapas de procesamiento a lo largo de vías especializadas, las señales convergerán en un área multimodal. (De acuerdo con los autores, en la sinestesia tanto la señal del inductor sinestésico (p.ej., el grafema) como la información de la sensación concurrente (p.ej., el color) dispondrían de sus propias vías de procesamiento que confluirían en el área multimodal.) No obstante, además de las conexiones “hacia delante”, el cerebro normal también presenta conexiones donde la información puede fluir hacia atrás en la cadena de procesamiento. En el procesamiento sensorial normal, la mayoría de las conexiones “hacia atrás” son inhibidas por el sistema para evitar la generación de ruidos y anomalías en la comunicación. Grossenbacher y Lovelace proponen que un fallo en la inhibición podría llevar a la generación de sensaciones sensoriales propias de la sinestesia. Concretamente, en cuanto la señal del inductor pase por las etapas de

procesamiento unimodal y alcance la zona de convergencia (multimodal), podría viajar hacia atrás por la vía de la sensación inducida hasta llegar al nivel donde tiene lugar la generación de la percepción sinestésica. (Véase la Figura 8.) En otras palabras, la teoría de Grossenbacher defiende que la sinestesia es el resultado de un feedback desinhibido, originado en una región cortical multimodal como podría ser el surco temporal superior. (Esta estructura presenta conexiones con áreas unimodales de procesamiento y a su vez es sensible a rasgos perceptuales específicos de varias modalidades sensoriales.)

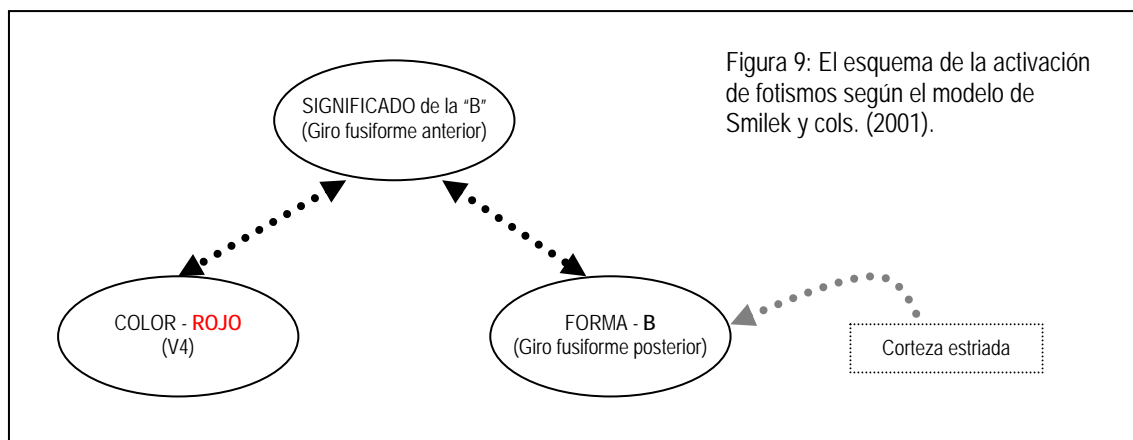
La idea de que la sinestesia ocurre en una etapa relativamente tardía del procesamiento sensorial ha recibido cierto apoyo empírico desde investigaciones con potenciales evocados. Los autores destacan el hecho de que las diferencias en la actividad cerebral entre sinéستetas y normales no se observan hasta 200 milisegundos después del onset del estímulo inductor (Schiltz y cols., 1999). Además, la posibilidad de inducción sinestésica por sustancias psicotrópicas sugiere que la existencia de conexiones neuronales anómalas no es una condición necesaria para la sinestesia⁸.



⁸ No obstante, como argumentan Ramachandran y Hubbard (Hubbard y Ramachandran, 2005), la fenomenología de la sinestesia congénita difiere significativamente de los estados inducidos por drogas, con lo cual es probable que su mecanismo cerebral subyacente también sea diferente.

El modelo de retroalimentación en bucle⁹

El modelo de retroalimentación en bucle (Myles y cols., 2003; Smilek y cols., 2001) constituye un esquema híbrido que combina algunos aspectos de las propuestas anteriores. Los autores se apoyan en el hecho de que la información visual fluye a través del sistema de procesamiento tanto en dirección hacia delante como en el sentido contrario, hacia atrás (o de arriba abajo). Cuando un sinésteta observa un grafema acromático, las señales progresan desde áreas visuales inferiores, pasando por el área de reconocimiento de la forma (giro fusiforme posterior), hasta llegar a la región donde se analiza el significado del símbolo (giro fusiforme anterior). De acuerdo con Smilek y cols., la activación de un fotismo en sinéstetas “proyectores” es el resultado de una retroalimentación cíclica desde áreas de procesamiento de la forma y del significado hacia la región del color V4. Pongamos un ejemplo, considerando el caso hipotético de un fotismo rojo inducido por la letra “B”. Cuando las líneas y las curvaturas que componen la letra están siendo procesadas en la corteza estriada y el giro fusiforme posterior, simultáneamente las señales desde esta zona llegan a la zona anterior del giro



fusiforme donde tiene lugar el análisis del significado. Al principio, cuando el análisis de la forma todavía no está completo, la señal puede no ser suficiente para dar lugar a un reconocimiento consciente de la letra. Sin embargo, los autores proponen que incluso una activación parcial del significado de la letra puede activar el percepto rojo en el área del color (V4). Más concretamente, antes de que se complete el análisis de la forma y del significado, el área anterior del giro fusiforme a través de conexiones de arriba-abajo comunicará con el área del color, activando la representación del rojo. A su vez, esta

⁹ “Re-Entrant Processing” en el original (Smilek y cols., 2001).

activación del rojo en V4, por medio de conexiones hacia delante, reforzará la activación del significado “B” en el fusiforme anterior. (Véase el esquema del modelo en la Figura 9.) Las señales neuronales viajarán cíclicamente hasta generar el percepto consciente completo – él de una B roja. De esta manera los autores explican el hecho de que el contexto que afecta la interpretación del significado afecta también al color sinestésico. (Recuerden los efectos de estímulos ambiguos como 9089 y SOL.)

Dado que la modulación de arriba-abajo constituye una característica del funcionamiento del cerebro humano en general, en la actualidad resulta imposible disociar experimentalmente los procesos propuestos por el modelo de interconexión local (Hubbard y Ramachandran, 2005) del modelo de retroalimentación en bucle. Para dar cuenta de los efectos contextuales en los fotismos, Ramachandran y Hubbard proponen que los mismos mecanismos *top-down* que están presentes en personas normales explican la influencia del contexto en el color del fotismo. El mecanismo de retroalimentación en bucle propuesto por Smilek y cols. llevaría, en un principio, a los mismos efectos conductuales. En el futuro será necesario avanzar en la especificidad de ambos modelos para poder verificar o refutar las propuestas respectivas. Asimismo, como apuntan Hubbard y Ramachandran (2005), los modelos pueden no ser mutuamente excluyentes. Es perfectamente plausible que una combinación de ambos mecanismos (la interconexión local y la retroalimentación desinhibida desde áreas del significado) esté presentes en algunos sinéستetas. También hay que considerar la posibilidad de que formas diferentes de experimentar la sinestesia en sinéستetas proyectores y asociadores conlleven mecanismos neurocognitivos dispares.

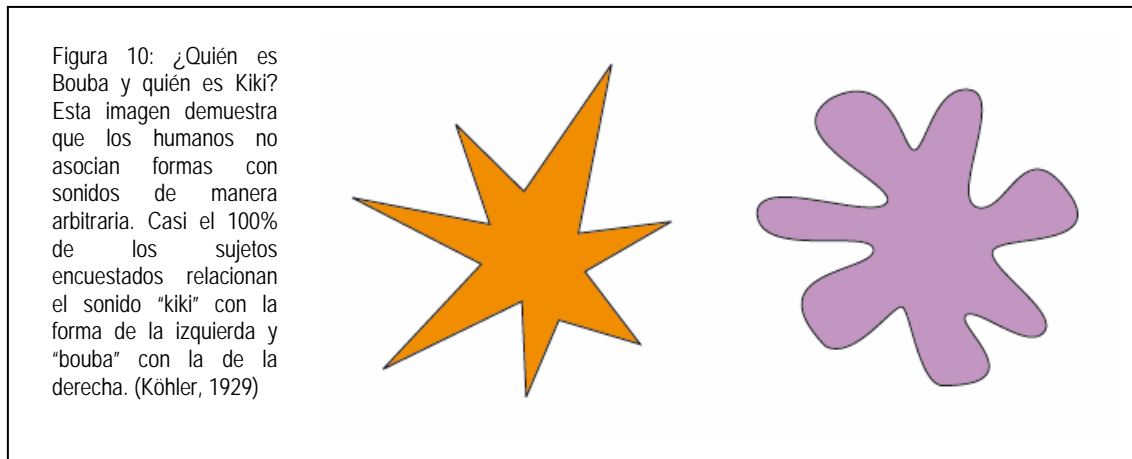
Anotaciones finales

A lo largo de esta breve revisión del conocimiento científico sobre el fenómeno llamado sinestesia, hemos visto que esta peculiar condición no es un fruto de memorias infantiles, que su origen se debe probablemente a una alteración genética y que las sensaciones “fantasmas” pueden llevar a efectos típicamente sensoriales como el *pop-out* de grafemas por fotismos. Hemos analizado la evidencia conductual y la de los estudios de neuroimagen para concluir que la sinestesia comparte muchos aspectos con la percepción normal tanto a nivel conductual como a nivel neurológico. Tras revisar los principales modelos explicativos, podemos conjeturar que la causa de la sinestesia está en una comunicación anómala entre áreas cerebrales, débase esta a una interconexión anormal en la corteza sensorial o a la desinhibición de vías neuronales de arriba abajo. ¿Cuáles son, entonces, las limitaciones de nuestro conocimiento actual y hasta dónde puede llevarnos el camino de la investigación de la sinestesia? Antes del todo hemos de decir que la etapa de la verificación de la realidad del fenómeno parece estar, por fin, superada. En nuestra opinión, los investigadores implicados en el estudio de la sinestesia han demostrado con éxito y fuera de dudas la autenticidad de la sinestesia, confirmando en la gran mayoría de los casos la veracidad de los informes subjetivos. Ahora bien, para avanzar en nuestra comprensión de la sinestesia y desvelar sus bases neuroanatómicas será necesario ampliar los límites de la investigación actual en varias direcciones.

En primer lugar, hemos de anotar que la gran parte de las hipótesis disponibles están construidas sobre la base de datos procedentes del estudio de sinéستetas léxicos (Grossenbacher y Lovelace, 2001; Hubbard y Ramachandran, 2005). Aún cuando esto es comprensible dada la alta frecuencia relativa de esta modalidad de la sinestesia, sería conveniente ampliar los paradigmas experimentales actuales para ver hasta qué punto se parecen otras variantes de sinestesia a la sinestesia léxico-cromática a nivel conductual y también a nivel neurológico.

En segundo lugar, como hemos resaltado anteriormente, es imprescindible tener en cuenta las diferencias individuales en la intensidad y la cualidad fenomenológica de la experiencia sinestésica. Si se confirma la conveniencia de la división teórica en

sinéstetas “inferiores” (proyectores) y “superiores” (asociadores), esto va a tener importantes implicaciones para el diseño experimental, la interpretación de datos y, posiblemente, para el refinamiento de los modelos neurocognitivos.



Como hemos visto en la introducción de este texto, el término sinestesia ha sido aplicado a una gran variedad de fenómenos: la sinestesia idiopática, los estados inducidos por drogas, las maniobras del arte.... Quizás este uso excesivo de la palabra refleje, al menos en parte, la verdad. No es una casualidad que varios autores consideren que la investigación de la sinestesia puede abrir puertas hacia la explicación de las bases neurológicas de la metáfora en particular y del lenguaje en general (Ramachandran y Hubbard, 2001b). La sinestesia podría abarcar una gran variedad de condiciones, desde la sinestesia “inferior”, pasando por sinestесias más asociativas, sinestесias inducidas conceptualmente, sinestесias emocionales...hasta quizás el talento para utilizar la expresión artística multimodal. La investigación futura tendrá que responder dónde están las fronteras entre estos fenómenos y si se trata de condiciones cualitativamente distintas o es una cuestión de grado. Una parte de la respuesta puede estar en la investigación neuroanatómica al considerar si realmente los sinéstetas (¿y qué “clases” de sinéstetas?) presentan una conectividad neuronal anómala o, por lo contrario, los “fantasmas” de su cerebro surgen a causa de una desinhibición de la maquinaria cerebral normal. Los informes subjetivos desvelan paralelismos llamativos entre la sinestesia y la percepción normal. Por ejemplo, Ward y cols. (2006) demostraron que las asociaciones entre sonidos y colores en sinestesia presentan el mismo patrón de correspondencia entre la luminancia y el tono, como la asociación intermodal sonido-color de personas normales. Ramachandran y Hubbard (2003b) sugieren que en varios dominios los seres humanos tienden a establecer las mismas asociaciones sinestésicas,

como por ejemplo, en el caso de asociación de ciertas formas visuales con el sonido. (Véase la Figura 10.) La cuestión a responder es si el parecido de estos efectos con la sinestesia idiopática va más allá de los aspectos superficiales.

Para cerrar nuestra reflexión, consideramos oportuno mencionar la importancia de la sinestesia para el avance de nuestra comprensión de la experiencia subjetiva. El fenómeno sinésta ha constituido un curioso rompecabezas para la ciencia cognitiva por la sencilla razón de tratarse de una experiencia fenomenológica cuya incidencia es muy baja. A diferencia de patologías psiquiátricas y trastornos resultantes de lesiones cerebrales, la sinestesia es una condición innata, no perturbadora y altamente estable, que se da en individuos por lo demás normales. Lo que llama la atención de laicos y profesionales es el hecho de que los sinésta informan de ver “cosas” que las personas “normales” no pueden percibir. Si usted al encontrarse en un cruce de peatones dice que ve “un semáforo en rojo”, ningún científico cognitivo va a empeñarse en aplicarle una tarea Stroop para verificar que usted realmente ve lo que dice ver. Curiosamente, desde el punto de los sinésta, los comienzos de la investigación sobre la sinestesia eran precisamente eso – responder a la pregunta: ¿es verdad lo que usted afirma y realmente ve la B acromática en rojo? En otras palabras, la investigación cognitiva invirtió tiempo y esfuerzo para comprobar la autenticidad de una experiencia subjetiva, demostrando lo mismo que los sinésta ya nos habían comunicado con sus propias palabras. Si aceptamos por completo los informes verbales de los sinésta, aparentemente la ciencia ha hecho un trabajo en vano. No obstante, además de demostrar empíricamente la veracidad de la introspección, en nuestra opinión este esfuerzo ha constituido una lección de aprendizaje para la psicología, en relación con la comprensión científica de la experiencia subjetiva. Posiblemente por primera vez la investigación empírica se ha enfrentado directamente con la cuestión de los *qualia*, tratando de responder a una cuestión parecida a la célebre pregunta de Nagel (1974) de “¿cómo es ser un murciélago?”. El desarrollo de nuestra comprensión de la sinestesia, acompañado de un perfeccionamiento de la metodología, significa en nuestra opinión también un importante progreso para el estudio de las experiencias “en primera persona”. Para seguir avanzando en esta dirección será imprescindible compaginar los datos conductuales y neurológicos con los informes subjetivos (Smilek y Dixon, 2002) y convertir el punto de vista del sujeto en una parte integral de la investigación neuropsicológica.

Referencias

- Aleman, A., Rutten, G.-J.M., Sitskoorn, M.M., Dautzenberg, G. and Ramsey, N.F. (2001). Activation of striate cortex in the absence of visual stimulation: an fMRI study of synesthesia. *NeuroReport*, 12, 2827-30.
- Bailey, M.E.S., Johnson, K.J. (1997). Synaesthesia: Is a genetic analysis feasible? En S. Baron-Cohen y J.E. Harrison (Eds.), *Synaesthesia: Classic and Contemporary Readings*. Oxford: Blackwell.
- Baron-Cohen, S., Burt, L., Smith-Laittan, F., Harrison, J., & Bolton, P. (1996). Synaesthesia: Prevalence and familiarity. *Perception*, 25, 1073-1079.
- Baron-Cohen, S., Harrison, J., Goldstein, L.H., Wyke, M. (1993). Coloured speech perception: Is synaesthesia what happens when modularity breaks down?. *Perception*, 22 (4), 419-26.
- Baron-Cohen, S., Wyke, M.A., & Binnie, C. (1987). Hearing words and seeing colours: An experimental investigation of a case of synaesthesia. *Perception*, 16, 761-767.
- Beck, J. (1966). Effect of orientation and shape similarity on perceptual grouping. *Percept. Psychophys.*, 1, 300-302.
- Bouma, H. (1970). Interaction effects in parafoveal letter recognition. *Nature*, 226, 177-178.
- Cytowic, R.E. (1993). *The man who tasted shapes*. New York: Putnam.
- Cytowic, R. E. (1996). Synesthesia: Phenomenology and neuropsychology. *Psyche*, 2(10). <http://psyche.cs.monash.edu.au/v2/psyche-2-10-cytowic.html>
- Cytowic, R. E. (2003). Synesthesia: Anomalous binding of qualia and categories. En G. Adelman & B. H. Smith (Eds.), *Encyclopedia of Neuroscience (3rd Edition)*. New York: Elsevier.
- Cytowic, R.E. and Wood, F.B. (1982). Synesthesia I: A review of theories and their brain basis. *Brain and Cognition*, 1, 23-35.
- Dailey, A., Martindale, C., Borkum, J. (1997). Creativity, synaesthesia and physiognomic perception. *Creativity Research Journal*, 10 (1), 1-8.
- Day, S. (2005). Some Demographic and Socio-cultural Aspects of Synesthesia. En Robertson, L.C. y Sagiv, N. (Eds.), *SYNESTHESIA: Perspectives from Cognitive Neuroscience* (pp. 11-33). Oxford University Press, New York.
- Day, S.A. (2005). Types of synaesthesia. Extraído el 20 de julio de 2006 desde <http://home.comcast.net/%7Esean.day/Types.htm>
- Dixon, M.J., Smilek, D., Cudahy, C. y Merikle, P.M. (2000). Five plus two equals yellow. *Nature*, 406 (6794), p. 365.
- Domino, G. (1989). Synaesthesia and creativity in fine arts students: An empirical look. *Creativity Research Journal*, 2 (1-2), 17-29.
- Edquist, J., Rich, A.N., Brinkman, C., and Mattingley, J.B. (2005). Do synaesthetic colours act as unique features in visual search? *Cortex*, 42(2), 222-31.
- Galton, F. (1880/1997). Colour associations. En S. Baron-Cohen & J. E. Harrison (Eds.), *Synaesthesia: Classic and contemporary readings* (pp. 43-48). Oxford: Blackwell.
- Grossenbacher, P.G., and Lovelace, C.T. (2001). Mechanisms of synesthesia: cognitive and physiological constraints. *Trends In Cognitive Science*, 5, 36-41.

- Hubbard, E.M. y Ramachandran, V.S. (2005). Neurocognitive mechanisms of synesthesia. *Neuron*, Vol. 48, 509–520.
- Hubbard, E.M., Arman, A.C., Ramachandran, V.S., and Boynton, G.M. (2005). Individual differences among grapheme-color synesthetes: brain-behavior correlations. *Neuron*, 45, 975–985.
- Kennedy, H., Batardiere, A., Dehay, C., and Barone, P. (1997). Synaesthesia: implications for developmental neurobiology. En *Synaesthesia: Classic and Contemporary Readings*, S. Baron-Cohen, y J.E. Harrison (Eds.), pp. 243–256. Malden, MA: Blackwell Publishers, Inc.
- Köhler, W. (1929). *Gestalt Psychology*, New York: Liveright.
- Luria, AR. (1968). *The Mind of a Mnemonist*. New York: Basic Books.
- MacLeod, C. M., & Dunbar K. (1988). Training and Stroop-like interference: Evidence for a continuum of automaticity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 14, 126-135.
- Marks, LE. (1978). *The Unity of The Senses: Interrelations Among the Modalities*. New York: Academic Press.
- Marks, L.E. & Odgaard, E.C. (2005). Developmental Constraints on Theories of Synesthesia. En In Robertson, L.C. y Sagiv, N. (Eds.), *SYNESTHESIA: Perspectives from Cognitive Neuroscience* (pp. 214-236). Oxford University Press, New York.
- Mattingley, J.B., Rich, A.N., Yelland, G. and Bradshaw, J.L. (2001). Unconscious priming eliminates automatic binding of colour and alphanumeric form in synaesthesia. *Nature*, 410, 580–2.
- Mills, C.B., Boteler, E.H., & Oliver, G.K. (1999). Digit synaesthesia: An ease using a Strooplike test. *Cognitive Neuropsychology*, 16, 181-191.
- Myles, K.M., Dixon, M.J., Smilek, D., and Merikle, P.M. (2003). Seeing double: the role of meaning in alphanumeric-colour synaesthesia. *Brain Cogn.*, 53, 342–345.
- Nagel, Th. (1974). What is it like to be a bat? *Philosophical Review*, 83, 435-50.
- Nunn, J.A., Gregory, L.J., Brammer, M., Williams, S.C.R., Parslow, D.M., Morgan, M.J., Morris, R.G., 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.
- Palmeri, T.J., Blake, R., Marois, R., Flanery, M.A., & Whetsell, Jr. W. (2002). The perceptual reality of synesthetic colors. *Proceedings of the National Academy of Science*, 99, 4127-4131.
- Paulesu, E., Harrison, J., Baron-Cohen, S., Watson, J.D.G., Goldstein, L., Heather, J., Frackowiak, R.S.J. and Frith, C.D. (1995). The physiology of coloured hearing: A PET activation study of colour word synaesthesia, *Brain*, 118, 661-676.
- 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. (2001b). Synaesthesia: A window into perception, thought and language. *Journal of Consciousness Studies*, 8 (12), 3–34.
- Ramachandran, V.S. and Hubbard, E.M. (2002). Synesthetic colors support symmetry perception, apparent motion and ambiguous crowding. *Abstracts of the Psychonomic Society*, 7, 79.
- Ramachandran, V.S. y Hubbard, E.M. (2003a). The Phenomenology of Synaesthesia. *Journal of Consciousness Studies*, 10 (8), 49-57.
- Ramachandran, V. & Hubbard, E.M. (2003b). Hearing Colors, Tasting Shapes. *Scientific American*, 288 (5), 52-59.

- Ramachandran, V.S., Rogers-Ramachandran, D., and Stewart, M. (1992). Perceptual correlates of massive cortical reorganization. *Science*, 258, 1159–1160.
- Rich, A. N., Bradshaw, J. L., & Mattingley, J. B. (2006). A systematic, large-scale study of synaesthesia: Implications for the role of early experience in lexical-colour associations. *Cognition*, en prensa.
- Rich, A.N. and Mattingley, J.B. (2002). Anomalous perception in synaesthesia: A cognitive neuroscience perspective. *Nature Reviews Neuroscience*, 3, 43-52.
- Sacks, O., Wasserman, R.L., Zeki, S., & Siegel, R.M. (1988). Sudden color blindness of cerebral origin. *Society for Neuroscience Abstracts*, 14, 1251.
- Schiltz, K., Trocha, K., Wieringa, B.M., Emrich, H.M., Johannes, S y Münte, T.F. (1999). Neurophysiological aspects of synesthetic experience. *J. Neuropsychiatr. Clin. Neurosci.*, 11, 58–65.
- Smilek D., Moffatt B.A., Pasternak J., White B.N., Dixon M.J., Merikle P.M. (2002). Synaesthesia: A case study of discordant monozygotic twins. *Neurocase*, 8, 338 – 342.
- Smilek, D. y Dixon, M.J. (2002). Towards a Synergetic Understanding of Synaesthesia: Combining Current Experimental Findings Withs Synaesthetes' Subjective Description. *PSYCHE*, 8 (1). <http://psyche.cs.monash.edu.au/v8/psyche-9-01-smilek.html>
- Smilek, D., Dixon, M. J., Cudahy, C., & Merikle, P. M. (2001). Synaesthetic photisms influence visual perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 13, 930-936.
- Spalding, J.M.K., & Zangwill, O. (1950). Disturbance of number-form in a case of brain injury. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 12, 24-29.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Treisman, A.M. & Gelade, G.A. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Walker, P., & Smith, S. (1984). Stroop interference based on the synaesthetic qualities of auditory pitch. *Perception*, 13, 75-81.
- Ward, J. (2004). Emotionally mediated Synaesthesia. *Cognitive Neuropsychology*, 21 (7), 761-772.
- Ward, J., Huckstep, B., Tsakanikos, E. (2006). Sound-colour synaesthesia: to what extent does it use cross-modal mechanisms common to us all? *Cortex*, 42(2), 264-80.
- Weiss, P.H., Shah, N.J., Toni, I., Zilles, K. and Fink, G.R. (2001). Associating colours with people: A case of chromatic-lexical synaesthesia. *Cortex*, 37, 750-53.
- Wollen, K. A., & Ruggiero, F. T. (1983). Coloured-letter synaesthesia. *Journal of Mental Imagery*, 7, 83-86.

Experimental study of phantom colors in a color blind synaesthete

(Aceptado en Journal of Consciousness Studies)

Autores y contribución:

Construcción teórica: Milán, E. G., Tornay, F., Hochel, M. & Díaz Caviedes, R.

Redacción en inglés: Hochel, M.

Diseño experimental y análisis de datos: Hochel, M., González, A. y Milán, E. G.

Entrevistas iniciales: Domínguez García, E., Rodríguez Artacho, MA. y McKenney, K.

Diseño SAM y IASP: Mata Martín, J. L. y Vila, J.

Experimental study of phantom colors in a color blind synaesthete

Milán, E. G., Hochel, M., González, A., Tornay, F., McKenney, K., Díaz Caviades, R.,
Mata Martín, J. L., Rodríguez Artacho, MA., Domínguez García, E. & Vila, J.

University of Granada

Synaesthesia is a condition in which one type of stimulation evokes the sensation of another, as when the hearing of a sound produces *photisms*, i.e. mental percepts of colors. R is a 20 year old color blind subject who, in addition to the relatively common grapheme-color synaesthesia, presents a rare cross modal perception in which a variety of visual stimuli elicit aura-like percepts of color. In R, photisms seem to be closely related to the affective valence of stimuli and typically bring out a consistent pattern of emotional responses. The present case study suggests that colors might be an intrinsic category of the human brain. We developed an empirical methodology that allowed us to study the subject's phenomenological experience otherwise inaccessible. First, we found that R shows a Stroop effect (delayed response due to interference) elicited by photisms despite the fact that he does not show a regular Stroop with real colors. Secondly, by manipulating the color context we confirmed that colors can alter R's emotional evaluation of the stimuli. Furthermore, we demonstrated that R's auras may actually lead to a partially inverted emotional spectrum where certain stimuli bring out emotional reactions opposite to the normal ones. These findings can only be accounted for by considering R's subjective color experience or qualia. Therefore the present paper defends that qualia are a useful scientific concept that can be approached and studied by experimental methods.

R is a 20 year old male who belongs to the rare group of people who have synaesthetic perception. The dictionary defines synaesthesia as a condition in which one type of stimulation evokes the sensation of another, as when the hearing of a sound produces *photisms*, i.e. mental percepts of colors. In addition to the relatively common grapheme-color synaesthesia, R presents a variety of synaesthetic associations. Not only

numbers and letters but also first names, surnames, persons, town and city names, abstract concepts, natural sounds and music elicit percepts of color in his mind's eye. For example, the town of Granada is "red", hope is "white", intelligence is "yellow", classical music is "dark brown" while electronic music is "purple" and symphonic compositions are "red", both pain and joy are "yellow", love is "red", etc.

Surprisingly, R also suffers from a mild form of color blindness (dichromatic daltonism), thus having difficulty in discriminating between certain shades of red, brown and green. While the frequency of color blindness in the general population is 1% to 8%, the proportion of synaesthetes is only 1 in 2,000¹. Thus we can conclude that in R's case we are dealing with an extremely rare combination of perceptual alterations, both being associated with the X-chromosome².

Seemingly, the sensation of color is a quale³, which in R's case has very distinctive characteristics. The word quale refers to our subjective, introspectively accessible experience, showing aspects that cannot be found in the world external to our minds. The question is whether these mental phenomena (qualia) can or cannot be studied within the framework of empirical science. Is it possible to make science of subjective experience and establish correlations between the quale and external objects? Can we explore "what it is like to experience something?"⁴ Nagel believes that there are certain qualities that exist only within one particular point of view, defining an experience for one particular experiencer. Therefore Nagel asks: "What is it like to be a bat?" Although bats cannot tell us about their inner life, R **can** speak, allowing us to access his mental states through introspection. Some authors believe that introspection is not reliable at all. Daniel C. Dennett tries to demonstrate this by means of mental experiment that involves two coffee experts⁵ discussing the flavor of a coffee brand. One of them says that the taste of the coffee is not the same as it used to be (alteration of qualia) but he still likes it. The other thinks that the coffee is the same (qualia has not changed) but he does not like it anymore. According to Dennett there is no way to judge who is right and who is wrong. However, our approach to introspection was a different one. We started the research with a "naïve" attitude of trusting R's verbal reports to see how far we could go looking for behavioral evidence that would support R's subjective descriptions. The goal was not to simply demonstrate R's daltonic-synaesthetic condition, but to combine subjective first-person point of view with empirical evidence in order to find out whether the concept of qualia could be useful in scientific psychology, similar to the way the "magical" notion of power is useful in Newtonian physics to describe empirical phenomena.

Usually mental experiments such as Nagel's Bat or Dennett's Coffee Masters belong to a kind of parallel universe, apart from the realms of empirical science. In our study we try to merge both points of view seeking scientific answers to the enigma of qualia: "What is it like to be R?" The present paper is focused on an aspect of R's synaesthesia that we termed *aura*. Traditionally *aura* is an esoteric concept that refers to a supposed psychic energy field surrounding the bodies of all creatures, being associated with physical and psychological health. We have decided to use this term in relation to R's synaesthesia because of the superficial similarity to his *photisms*. However, we would like to emphasize that R is not an enthusiast of esoteric wisdom and personally prefers to describe his experience in different terms.

When R meets a person, he usually perceives a translucent spot of color in his mind's eye. This aura-like experience is best described as mental imagery and is never projected externally onto the person being perceived. R claims that this experience is highly consistent over time and cannot be suppressed by will. Even though aura-like photisms do not seem to be a frequent modal of synaesthesia, a small number of similar cases have been reported in the more recent literature.^{6, 7} Besides humans activating photisms, R also informs that images or scenes that are either emotionally or esthetically exciting also lead to synaesthetic responses even when no humans are present. Pleasing pictures are typically red while repulsive scenarios elicit a pale green color in his mind's eye. According to R, people's *auras* present a specific pattern: attractive people tend to be red; persons that look dirty or sick are green; those who give an impression of optimism and happiness are purple while aggressive and envious people are yellow; old people and people that are uninteresting to R are brown. There are no blue or white people. R often uses his aura photisms to make intuitive judgments about anyone he meetsⁱ, although, as he mentioned during the interview, not all the people necessarily trigger synaesthetic perception.

In summary, R's most distinctive photisms can be categorized in line with their emotional valence: positive emotions seem to be associated with red or purple auras; green indicates something usually repulsive; brown is neutral and yellow shows certain ambivalence, with both joy and aggressiveness associated. As you will see later on, colors can vary in tone and luminosity depending on the triggering stimuli but they always follow the aforementioned pattern.

Our ambition in studying R's color experience can be summarized in the following questions: How does R see "real" colors? (Experiment 1) What is the subjective

importance of colors to R? (Experiment 2) Is there any relationship between photisms and real-world objects? (Experiments 2 and 3) What are the main attributes of R's "mental colors"? (Experiment 3) How do they influence R's emotional responses? (Experiments 4 and 5) Can we provide behavioral evidence of R's auras? (Experiment 6) In brief, does R really see the world in a different way? If so, what is it like?

Assessment of R's color identification skills and Color Stroop in R (Experiment 1).

In a pilot study we provided R with 100 randomly selected color samples (out of a color palette consisting of more than 500 hues) and asked him to identify the colors presented. Color patches were presented on a computer screen, using RGB codes to generate appropriate hues. We would like to emphasize that we only asked R to roughly classify the shades in general color categories such as "green", "red", "blue", etc. For example, we considered an answer as "correct" when a "dark olive green" hue was identified as "green" or a "firebrick red" was identified as "red". Concerning R's typical color identification errors, he usually places variations of "orange" (orange 1 to 3, dark orange 1 to 3) into "green" and "brown" categories. Colors such as "lemon chiffon 2" and "eggshell" are "pale green". Hues like "dark orange 4", "carrot" and "melon" are all "lettuce green"; "chocolate" is also "green"; and "darksea green" is "dark brown". R also confuses variations of grey: "gray 10" is seen as "dark brown", "gray 20" as "burgundy red", "gray 40" as "pale brown", "gray 80" as "green" and, finally, "gray 70" as "gray". "Sgi salmon", "brightprg" and "sgi tea" are all called "bottle green". "Red 1" and "Indian red" are seen "brown", while "red 1" and "red 2" are identified correctly as "red". R does not show major problems with blue hues. Only specific shades of green, such as "cobalt green" or "honey dew" are correctly identified.

Additionally, we were interested in testing R for Stroop effect⁸. To do this we used traditional color naming design by presenting words "red", "green" and "blue" on a computer in the center of the screen for 2000 ms or until a response was emitted. The words could be written in a red, green or blue font color. R's task was to identify the color (not the name written) by striking the corresponding key on a keyboard: B for red, N for green and M for blue. The keys were covered with a patch of corresponding color to facilitate the response. In a person with normal color vision you expect longer RT for incongruent trials (e.g. "red" written in the color green) because of the influence of reading automatism that interferes with color identification. However, R has red-green

discrimination problems because of his daltonic condition.ⁱⁱ The experiment design consisted of 10 series of 21 trials, presented on a computer screen using MEL software⁹. The instructions put emphasis on precision over speed.

Item analysis showed a non-significant Stroop effect ($F(1,2)=0.016$, $p<0.9$). Mean RT was 660 ms for congruent trials and 677 ms for incongruent trials. Stroop effect was not found for accuracy data ($F(1,2)=0.057$, $p<0.8$). R reached 13% of errors for congruent trials and 14% for incongruent trials. A control participant (non-synaesthete with normal color vision) presented significant Stroop effect in RT, $F(1,2)=48.8$, $p<0.01$. Mean RT was 550 ms and 746 ms for congruent and incongruent trials respectively. Accuracy reached 0 % of errors for congruent trials and 3 % of errors for incongruent trials. Summarizing experiment 1, R does not show significant Stroop effect and his color identification skills are far from perfect.

Consistency of aura photisms. Is R's red truly red? (Experiments 2 and 3).

Because R's auras seemed to be strongly associated with emotions, we used the International Affective Picture System (IASP)¹⁰ to select appropriate stimuli for bringing out R's synaesthetic response. The current version of the IASP consists of 832 color images, available in digital format, belonging to various semantic categories: portraits, nudes and erotica, animals, household objects, dead and mutilated bodies, sport and fitness, etc. In order to evaluate the consistency of the photisms, R went through sets 1 through 8, 13 and 14 of the IASP (approximately 500 images altogether) naming a color of an aura photism for each picture. His responses were 98% consistent over time when he did a re-test 30 days later. The inconsistencies observed (only 2%) were related to "pale brown" and "white" photisms (e.g., image0072) and "green" and "yellow" photisms (e.g., image0197). However, R informs that this happens occasionally when an image triggers more than one synaesthetic color. For example, the image0061 is both dark brown and green, the image0113 is at the same time red and purple, image0133 is brown with some areas that are yellow. In these cases R's response depends on which part of the image is attended and/or what elements of the scene are more dominant. Finally, it must be said that not all the images elicit synaesthetic response (e.g., images 0020, 0042, 0048, 0056, 0067 and 0167).

Before proceeding with our exploration of R's subjective experience, we considered it necessary to obtain a thorough classification of R's photisms. During our experimental sessions with R and other synaesthetes we have often encountered a problem related to the subjectivity of color perception (remember that because of his color blindness R had difficulties with discrimination of certain shades of green, brown and red). For example, how could we possibly know which color R was "seeing" when he informed about an orange photism? If you try to imagine a default "orange", it is very probable that your "orange" is not the same shade as the one that another person sees in his/her mind's eye (It is even possible that somebody might call "red" or "brown" what you would still consider as "orange").

To eliminate the problem of subjective color perception, we designed a special computer program developed in the C# language, using the Microsoft Visual Studio 2005 framework, that would display a synaesthetic stimulus (i.e., a photograph) on the left side of the screen and a palette of color shades on the other side. Samples of color were vertically arranged rectangles; both the picture and the color samples were presented on a black background. There was a scroll button next to the color samples that allowed the subject to scroll up and down to see all the shades of a given color.

When designing the program, our primary concern was how to get the appropriate color shades, i.e. what color palette to use. Today's computer screens can display up to 16 million color shades and obviously we did not want R to go through this amount of samples. We decided to use MIT's Xconsortum RGB color specifications (version 10.41, 1994) that had the advantage of being roughly classified into color categories (shades of Black and Gray, Blue, Brown, Gray, Green, Orange, Red, Violet, White and Yellow), while offering a large variety of options for each color shade. We generated specific color shades using standard hexadecimal encoding. To ensure constancy of color perception we used the same monitor (LCD Acer AL1714, 17", color temperature settings on neutral) during all experimental sessions, as well as maintained constant illumination conditions (fluorescent light).

Information gathered from R during interview sessions allowed us to reduce the number of color shades presented for each stimulus, using shades of the color that R reported as his synaesthetic response (e.g., shades of red for photographs with erotic content). This was a starting point to determine specific colors of R's photisms.

R's task was to observe a stimulus on the left side of the screen and then to choose a color sample that was closest to his synaesthetic experience. When clicking on a color

sample on the right, a rectangle of the same color appeared a few inches below the stimulus, allowing the subject to see the shade better and reducing possible interference of color contrasts to a minimum. Once R found a color corresponding to his synaesthesia, he clicked on a “next” button, located at the bottom right of the screen, to proceed to the following item. His responses were recorded in a data file, including color name and its hexadecimal encoding.

Following this procedure, R went through a series of pictures selected out of the sets 1 through 8, 13 and 14 of the IASP (we used images that R had previously marked as the most intensive in terms of photism vividness.) In Table 1 you can see the correspondence between aura color categories and specific color shades as chosen by R. In Table 2 you can appreciate IASP images classified by their corresponding aura color shade. This image-color relation was reliable and consistent over time (2 repetitions). In a few words, from then on we would be able to know exactly what color R was speaking about when he informed about his photisms.

Table 1

Category	<i>Selected color shades within each category</i>	<i>RGB code</i>	<i>Hexadecimal code</i>	<i>R's verbal description</i>
<i>Red photism</i>	Shade 1: Red3	CD0000	205,0,0	Intense red - sexual and esthetic
	Shade 2: OrangeRed3	CD3700	205,55,0	Power red
<i>Green photism</i>	Shade 1: OliveDrab3	9ACD32	154,205,50	Sick green
	Shade 2: OliveDrab1	COFF3E	192,255,62	
	Shade 3: Grey11	1C1C1C	28,28,28	Disgusting green or brown-fear
	Shade 4: Chartreuse4	458B00	69,139,0	Lettuce green
<i>Yellow photism</i>	Shade 1: Yellow	FFFF00	255,255,0	Pointy/sharp yellow – pain, joy and shine
	Shade 2: Light Yellow	FFFED	255,255,224	Pale yellow
<i>Brown photism</i>	Shade 1: Tan4	8B5A2B	139,90,43	Pale brown

Table 2

Category:	Images (IASP code):
<i>Red photism</i>	Shade 1: image0090, image0131, image0157, image0193, image0222, image0321, image0327, image0332, image0379, image0438, image0478, image2005, image2025, image2375, image4537
	Shade 2 : image0086, image0156, image0158, image0265, image0325, image0380, image0393, image0434, image0446, image0455, image1731, image2278, image4503, image4676, image5551, image5661, image6311, image8186
<i>Green photism</i>	Shade 1 and 2: image0021, image0026, image0029, image0080, image0096, image0135, image0137, image0145, image0148, image0149, image0166, image0168, image0190, image0192, image0194
	Shade 3 : image0005, image0033, image0035, image0075, image0076, image 0077, image0117, image1205, image2981, image3068, image9301, image9471
	Shade 4 : image0121, image0138, image0139, image0140, image0179, image0197, image0198, image0199, image0202, image0203, image0204, image0233, image0234, image0292 image0360, image0361
<i>Yellow photism</i>	Shade 1 : image 0049, image0201, image 0240, image0251, image 0266, image0315, image0319, image0331, image 0322, image 0362, image 0427, image 0476, image 1419, image 1525, mage 8485
	Shade 2 : image0009, image0092, image0103, image0180, image0340, image0400, image 0422
<i>Brown photism</i>	Shade 1: image0057, image0059, image0071, image0072, image0093, image0212, image0220, image0274, image0294, image0309, image0397, image0399, image0401, image0462, image0463

R's photism in response to a vision of the sky is red (images 0086, 0156, 0158, 0265, 0325, 0393, 1731, 551, 8186). A red aura is elicited by attractive people (images 0193, 0131, 0379, 0438, 2005, 2025, 2375, etc.) but interestingly enough, it is also triggered by images of a firearm pointing at someone's head (images 0090, 0327 y 0332). Images of dead bodies (images 0033, 0035, 0075, 0076, 0077, 0138, 0139, 0140, 0179, 0202, 0203, 0204) and frightening or disgusting scenes (images 0005, 1205, 9301 y 0234, 0292) are "green" (as you can see in Table 1, one of the aura shades that R sometimes calls "green" is actually corresponding to "grey11"). Yellow photism is associated with penetration (meaning either sexual penetration or the penetration of something pointy like a knife or a syringe), with pain (images 0201, 0266, 0240, 0251, 0315, 0319, 0331, 0362, 0427, 1525, etc.) and with joy as well (images 0266, 0319 y 0340). Finally, R considers some portraits "green" and unpleasant that are usually evaluated as pleasant by others (images 0021, 0029, 0080, 00135, 00145, 00148, 00149, 0190, 0192, 0194).

Colors of emotion (Experiments 4 and 5)

Given the typical pattern of R's photisms, we asked him to choose at least ten pictures for each of the following categories: emotionally positive "red" pictures, unpleasant "green" pictures, and neutral "brown" pictures and "yellow" pictures (see Table 2). In order to evaluate R's emotional perception of the images, R ran the Spanish version of the Self-Assessment Manikin, or SAM^{11, 12}, that provided us with scores for each picture along the following dimensions: valence (pleasant-unpleasant), arousal (high-low) and dominance (in control-dominated). Basically, SAM scales allowed us to put a figure on R's subjective feelings in relation to IASP images that we were going to use later on.

Since we were dealing with a single-case design, we used the C statistic^{13, 14} to assess the horizontal stability of our results and to detect if they showed any evident trend. (It must be mentioned that the C statistic does not indicate the direction of a trend; however this can be inferred from the representations of the data.) In order to analyze SAM scores along aura color categories, we devised a series with ten points taking into account the order in which R evaluated the IASP pictures. Every point corresponded to the score of one picture in one dimension (valence, arousal or control). With respect to arousal, C was not significant for the group of red pictures (C=0.22, p=0.217), yellow

pictures ($C=0.12$, $p=0.33$), green pictures ($C=0.23$, $p=0.20$) and brown pictures ($C=-0.09$, $p=0.62$). In actuality, C was non-significant for all three emotional dimensions in all color categories. The mean scores in valence, arousal and control for red pictures were 6.5, 6.2 and 6.3 respectively (on a 1-9 scale). The average SAM pattern for green pictures was 3.7, 6.5 and 4.8. For yellow pictures it was 5, 5.4 and 6.5, and for brown pictures 4.9, 3.3 and 6.7. The results suggested that the images activating same auras were equal in emotional self-assessment. However, we observed a difference in emotional valence between “red” and “green” images ($C=0.77$, $p=0.003$) and also a difference in arousal between “red” and “brown” category images ($C=0.66$, $p=0.009$) and between “brown” and “green” images as well ($C=0.62$, $p=0.01$). Finally, emotional assessment of the yellow category was not significantly different from the rest. This can probably be attributed to the affective ambiguity of the color yellow.

In conclusion we can affirm that the emotional assessment of the images is robustly correlated with the photisms elicited, rather than with the emotional categories stated in the IASP manual. Interestingly, pictures 0021, 0026 and 0029, showing a close-up of the same person with a smile, with an angry expression, and with a neutral face, were all “green” (negative) to R. However R pointed out that he perceived the actor’s looks as asymmetric and unpleasant independently of the facial expression. The picture 0032 showing a handgun pointing at someone’s head is considered esthetic and red by R. Blood-spattered scenarios elicit green auras and are associated with negative valence and high arousal, producing the same emotional pattern as in control subjects. Conversely, the images of the sky that trigger red photisms in R are perceived as positive and exciting, meanwhile they are considered as pleasant and tranquil for the “normal” population. In the end, R’s affective responses to images are often hard to predict unless you take into account the relationship between the auras and the emotions in R.

In the Experiment 5, R again answered the SAM questionnaire for some of the IASP images belonging to green and red categories (five items per category). However, this time the pictures were presented in a frame that was either congruent or incongruent with R’s photism. For example, the image 0021 was displayed either with a congruent Olive Drab 3 color frame or with an incongruent Orange Red 3 frame. We analyzed how the congruent/incongruent condition affected the SAM scores. Our results indicated that the arousal scores were higher for congruent frames with respect to incongruent frames in the red category, $F(1, 4) = 10.28$, $p < 0.03$. The same was observed for the valence

scale of the green category, $F(1, 4) = 16$, $p < 0.001$. The C statistic was significant in the time series of 5 “no frame-pictures” followed by the 5 pictures of the same photism category, but with congruent colored frames. It occurred for arousal in red pictures ($C=0.58$, $p=0.02$) and also for valence in green pictures ($C=0.7$, $p=0.04$). The difference between the “no-frame condition” and the “incongruent frame condition” was significant only for the valence scale of green pictures ($C=0.48$, $p=0.04$). The average arousal value for red pictures was 6.9 for the frame-congruent condition and 5.6 for the frame-incongruent condition. The average valence for congruent green pictures was 2.8 versus a mean value of 4.2 for green pictures with an incongruent frame. Simply said, the color frames could influence R’s affective judgments following R’s subjective emotional values of the colors.

Aura Stroop (Experiment 6)

We wanted to see if R’s aura photisms could interfere with a color-naming task (a Stroop-like task that we called Aura Stroop). We used 21 pictures selected at random from the Table 2 (five or more pictures per color category). Every image was presented on a computer screen for 3 seconds and followed immediately by a screen-sized color patch. The subject’s task was to indicate the color of the patch (yellow, red, green or brown) by striking a key: V for yellow, B for red, N for green and M for brown. The keys were covered with patches of corresponding colors to facilitate the response. All the IASP images were combined with all the colors. For each color category (yellow, red, green or brown) we randomly picked one specific shade out of the colors that R had selected as corresponding to his photisms in preceding experiments. R ran two sessions of 84 trials each. The experiment was designed with E-prime¹⁵. The instructions put emphasis on precision over speed.

We performed two item analyses, one considering the four color categories and another considering the 21 pictures. We found Stroop effect in both cases, $F(1, 3) = 20.92$, $p < .019$ and $F(1, 20) = 23.76$, $p < .0009$ respectively. The mean RT was 620 ms for congruent and 870 ms for incongruent trials. For accuracy, the means difference for congruent (100%) and incongruent trials (92%) was significant, $t=39.68$ ($p=0.00$).

To further support our analysis, we also ran a randomization resampling test with 100.000 samples, using Resampling Procedures freeware¹⁶. This additional test demonstrated the significance of our data, $t = 4.098$ ($p=0.00008$), ruling out the

possibility of random effects. In summary, R's aura photisms triggered by visual images seem to produce Stroop interference in color naming. We did not detect any Stroop effects for a control subject (non-synaesthete with normal color vision) who ran the same task; $F < 1$ (mean RT of 534 ms).

In summary, for R we observed no traditional color Stroop but we found Aura Stroop triggered by imaginary colors. On the other hand, the control subject did not show any Aura Stroop but normal color Stroop effects were present.

Discussion

Before analyzing any theoretical implications of our study, we would like to mention a few methodological aspects. Within the field of color perception research, it is of vital importance to discriminate between "real colors" (i.e., the physical qualities of an object), "perceived colors" (i.e., the quale of color) and "color labels" (i.e., the verbal descriptions of the experience of color). The procedure described in Experiment 3 allowed us to correlate R's verbal reports with "real colors" and subsequently to use this information to study R's subjective experience. We consider this methodological approach as fundamental for experimental exploration of synaesthesia and of qualia in general.

Experimental data suggests that R's photisms are strongly related to emotions, modulating his judgments about people and objects. Albeit rare, emotionally mediated synaesthesia has been reported elsewhere, particularly as a reaction to the affective valence of words and to faces of known persons.⁷ In fact, a recent theory suggests for an existence of hyperconnectivity between limbic regions and cortical areas responsible for color processing in synaesthetes.¹⁷ This could explain both the emotional responses that sometimes accompany the photisms¹⁸ and the phenomenon of emotionally triggered auras. Nevertheless, in comparison with the cases reported up to date, R shows a much wider range of "emotional photisms", not limited to the lexical stimuli or the people's faces. More interestingly, while some of R's affective responses follow common patterns, others do not. For example, blood is exciting and of negative emotional valence for R. According to research in color psychology, the relationships between colors and emotions are quiet universal; for most people red is exciting and blue is calming¹⁹. Hence an image of the sky usually has soothing effects on us. However, the latter relationship between an object and an affective response seems to be inverted in R who

perceives the sky as stimulating and exciting because of its association with red photism. In this sense, R's peculiar synaesthesia could make Dennett's "inverted spectrum experiment"²⁰ a reality.ⁱⁱⁱ Dennett's question is: what would happen if we changed someone's brain wiring in such a way that he would see red skies and blue blood? If this person kept using a "red" label for blood and a "blue" label for the sky, the experimenter might not be able to assess the value of the qualia, given that the inverted-spectrum person would behave in all aspects just like we do. The study could not be accomplished by comparing verbal accounts of red and blue objects because the subject would use the same verbal terms as "normal" control subjects. In other words, it would be unattainable for a scientist to show conclusively that two subjects were experiencing different subjective color spectra²⁰. In R's case the qualia inversion is not complete, i.e. R perceives the difference between real colors and his photisms. However, the latter are qualitatively different from normal people's experiences and they consistently affect R's reactive dispositions. Therefore, we can obtain differential behavioral measures with respect to the normal population (unaffected by synaesthesia and/or daltonism) and we can also take up Dennett's inverted qualia approach to explore what goes on with R. For example, does R experience arousal when watching the sky? Or is it the other way around and R's reactive dispositions to objects remain unaffected? R's assessment of IASP images shows that his reactions can vary with respect to normal population, depending on the photism. In some cases images that are either positive or negative for most of us, acquire an opposite affective valence for R. However, we are not dealing with a chaotic cross-wiring between stimuli and responses. R's reactions seem to follow a relatively stable pattern of relationships between photisms and real world objects, where emotion is the key factor. Even if we observe certain variability in R, such as when smiling faces can elicit either red or green aura, emotional connotations remain always the same: disgust is green, sexual attraction and beauty are red, and joy and pain are yellow.

Although our data does not allow for causal inferences (i.e., to distinguish whether an aura is green because the perceived image is unpleasant or vice versa), the experiments show that R's qualia and his reactive attitudes are firmly connected: changes in qualia lead to changes in reactions or the opposite. However, R's qualia are not rigidly linked to the early sensory perception. Following Dennett's distinction between early and late pathways, we can say that there is a certain variability in early pathways (associations between items of the same category and photisms). This suggests that

reactive judgments are not direct outputs of perceptual functions. On the other hand, there is no variability in late pathways (associations between photisms and emotional reactions). Therefore, Dennett's thought experiment about the coffee masters makes no sense because the quale and the reaction seem to be rigidly connected and cannot change independently.

As we have seen in Experiment 1, R shows no Stroop effect which is probably a consequence of his daltonism. Interestingly the photisms triggered by IASP images do lead to a Stroop-like interference. Now we can turn to a philosophical question: Do the colors exist in the real world (i.e., are they physical qualities of objects) or are they only a projection of our minds (i.e., do they constitute a subjective quality)? R experiences both real colors (bottom-up processing) and mental, synaesthetic colors (top-down processing). How do these two sources of color experience interact to set up R's color perception? Current research suggests photisms produce cortical activation patterns in a very similar way as real colors do. For example, Hubbard et al. found that when looking at letters and numbers, fMRI responses in color-selective areas (V4) were larger for grapheme-color synaesthetes than for control subjects²¹. The central issue is what kind of processing can lead to discrimination between different color categories. Churchland²² describes a possible mechanism by which the human visual system comes to recognise colors: when a newborn first sees a color, a specific neural pattern is set up within V4. Let us say that "blue" corresponds to X-oscillation in V4, "red" is equivalent to Y-oscillations, etc. In R's case, due to his daltonic condition, the patterns for red and green must be very similar in the same way as the patterns for a dark red and just a slightly darker red can be indistinguishable for a normal person. In other words, R's Y-oscillation would be common for red and green, making two neighbouring shades impossible to differentiate. What happens when R observes a sky? We can expect that there is an X-oscillation due to the blue color of the sky and a Y-oscillation due to the red photism. The latter is followed by a positive emotional response of pleasant arousal.^{iv} However, what happens when a blood-spattered scene triggers a green photism? In R's brain the oscillations for red and green should be impossible to distinguish. In theory, it could be that the oscillations for real colors of red and green were alike while the patterns for red and green photisms were different. However, following Churchland's approach, this explanation seems less plausible. We consider that both the red of the blood and the green photism activate a Y-oscillation. So how can we explain that the same oscillation pattern can lead to positive feelings in the case of the

“red” sky and negative ones for “green” blood? It is possible that color categories in V4 are not established only by experience but they are intrinsic to some extent. Perhaps color perception is also dependent on interconnections of V4 with other brain areas, such as structures involved in emotional and verbal processing.

In conclusion, the approach of the present study to phenomenological experience is an instrumentalistic one. We think that the notion of quale provides an explanatory power to describe and understand R’s emotional reactions to the outer world. R as a subject is unique in at least two ways. First, although he suffers from a perceptual impairment of color vision that most likely leads to the absence of color Stroop effect, his synaesthetic condition produces an unusual Stroop elicited by phantom colors. Secondly, the pattern of R’s emotional reactions linked to photisms demonstrates that in any case, an inverted spectrum is a real possibility. The case study that has been presented raises further questions about the emotional value of colors both in synaesthetes and normal population. Are colors an intrinsic category hardwired in the brain? Is there a general pattern of emotional significance in relation to these categories? We expect future research to inspect the plausibility of these hypotheses.

References

1. Baron-Cohen, S., Burt, L., Smith-Laittan, F., Harrison, J., and Bolton, P. (1996). Synaesthesia: prevalence and familiarity. *Perception*, 25, 1073–1079.
2. Bailey, M.E.S., & Johnson, K.J. (1997). Synaesthesia: is a genetic analysis feasible? In S. Baron-Cohen & J.E. Harrison (Eds.), *Synaesthesia: Classic and Contemporary Readings* (pp. 182–207). Oxford, England: Blackwell.
3. Chalmers, D. J. (1996). *The Conscious Mind: In Search of a Fundamental Theory*. New York: Oxford University Press.
4. Nagel, Th. (1974). What is it like to be a bat? *Philosophical Review*, 83, 435-50.
5. Dennett, D.C. (1988). Quining Qualia. In Marcel, A. & Bisiach, E. (Eds.), *Consciousness in Modern Science* (pp. 42-47). New York: Oxford University Press.
6. Cytowic, R.E. (1989). *Synaesthesia: A union of the senses*. New York: Springer.
7. Ward, J. (2004). Emotionally mediated synaesthesia. *Cognitive Neuropsychology*, 21 (7), 761-772.

8. Stroop, J. R. (1935a). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, *18*, 643-662.
9. Schneider, S. (1988). Micro Experimental Laboratory: An integrated system for IBM PC compatibles. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *20*, 206-271.
10. Lang, P.J., Bradley, M.M., & Cuthbert, B.N. (1999). *The International Affective Picture System. Technical Manual and Affective Ratings*. Gainesville, Florida: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida
11. Moltó, J., Montañés, S., Poy, R., Segarra, P., Pastor, M.C., Tormo, M.P., Ramírez, I., Hernández, M.A., Sánchez, M., Fernández, M.C., & Vila, J. (1999). Un nuevo método para el estudio experimental de las emociones: The International Affective Picture System (IAPS). Adaptación española. *Revista de Psicología General y Aplicada*, *52*, 55-87.
12. Vila, J., Sánchez, M., Ramírez, I., Fernández, M.C., Cobos, P., Rodríguez, S., Muñoz, M.A. Tormo, M.P., Herrero, M., Segarra, P., Pastor, M.C., Montañés, S., Poy, R., & Moltó, J. (2001). El Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (IAPS): Adaptación española. Segunda parte. *Revista de Psicología General y Aplicada*, *54*, 635-657.
13. Young, L. C. (1941). On randomness in ordered sequences. *Annals of Mathematical Statistics*, *12*, 153-162.
14. Suen, H. K. & Ary, D. (1989). *Analyzing Quantitative Behavioral Observation Data*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum & Associates.
15. Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). *E-Prime Reference Guide*. Pittsburgh: Psychology Software Tools Inc.
16. Howell, D. C., *Resampling Statistics: Randomization and the Bootstrap*, <http://www.uvm.edu/~dhowell/StatPages/Resampling/Resampling.html> (2002)
17. Ramachandran, V. S., & Hubbard, E. M. (2001b). Synaesthesia: A window into perception, thought and language. *Journal of Consciousness Studies*, *8*, 3-34.
18. Cytowic, R.E. (1993). *The Man Who Tasted Shapes: A Bizarre Medical Mystery Offers Revolutionary Insights into Reasoning, Emotion, and Consciousness*. New York: Putnam.
19. Heller, E. (2004). *Psicología del Color*. Barcelona: Gustavo Gili.
20. Dennett, D. C. (1988). Quining Qualia. In A. J. Marcel & E. Bisiach (Eds.), *Consciousness in Contemporary Science* (pp. 42-47). Oxford: Clarendon Press.

21. Hubbard, E.M., Arman, A.C., Ramachandran, V.S. & Boynton, G.M. (2005). Individual differences among grapheme-color synesthetes: brain-behavior correlations. *Neuron*, 45(6), 975-85.
22. Churchland, P. (1989). Knowing Qualia. A Reply to Jackson. In P. Churchland, A *Neurocomputational Perspective: The Nature of Mind and the Structure of Science* (pp. 67-76). Cambridge, MA: MIT Press.

Acknowledgements We thank P. Macko for C# programming for color identification software. We thank A. Crawley for linguistic supervision. This study was supported by grant from Spanish Ministry of Education and Science (I+D 2006) to E. G. Milán. Matej Hochel's research activities are supported by a scholarship from AECI, Ministry of Foreign Affairs (Spain). We thank to R for his collaboration.

Authors Contribution Theoretical approach and background: Milán, E. G., Tornay, F., Hochel, M. & Díaz Caviedes, R.; Experimental design and data analyses: Hochel, M., González, A. and Milán, E. G.; Initial interviews and testing: Domínguez García, E. Rodríguez Artacho, MA. & McKenney, K.; SAM and IASP design and testing: Mata Martín, J. L. & Vila, J.; Paper preparation: Hochel, M. & Milán, E. G.

Author information Correspondence and requests for materials should be addressed to egomez@ugr.es.

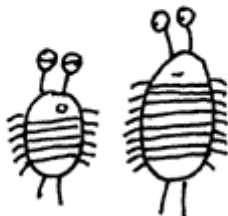
ⁱ Occasionally, when the color elicited is not consistent with R's knowledge about a person (e.g., a good friend bringing out "negative" green color photism), he tries to suppress or at least not to attend to the photism since this kind of "color contradictions" are highly unpleasant for R.

ⁱⁱ R also presents relatively common grapheme-color photism. However, synaesthetic color of words or numbers consisting of more than two graphemes usually is not associated with the photisms of individual graphemes. R does not inform about any incongruent specific photisms related to the words "red", "green" and "blue".

ⁱⁱⁱ R's "inversion" is in terms of relations between objects and emotions (e.g., "exciting sky"). We would like to stress that common associations between colors and emotions are preserved in R: red is exciting for him as well as it is for normal population.

^{iv} According to R, the vision of the sky produces an intense mental activation that he experiences as very pleasant. This kind of arousal is very similar to the excited state of mind when R is engaged in his favorite artistic activity - painting.

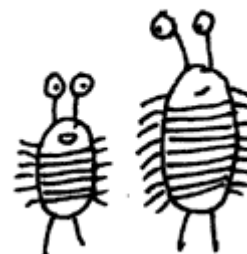
What's synaesthesia,
dad?



That's a cool condition
many creative people have
where two or more senses
are mixed. They taste
shapes or hear colors...



Sometimes when I
look at people I
see animals.



I don't know if that
counts...

