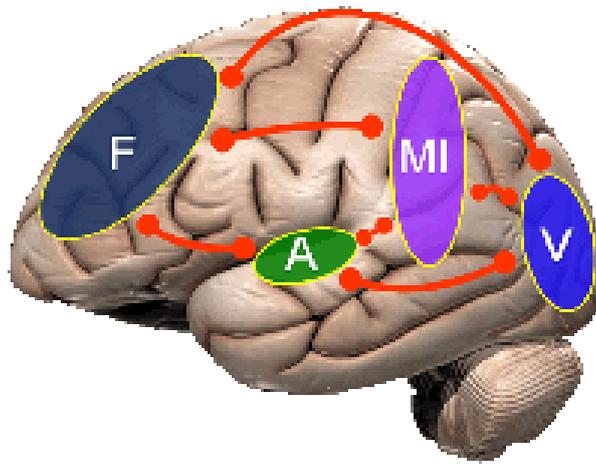


# **DOBLES SENTIDOS: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE INTERACCIONES SENSORIALES**



**Rocío Araujo Carrasco  
Inmaculada Castillo Cantero  
María López Martín  
Isabel Mellado Sola**

**Profesor coordinador: Antonio José Lechuga Navarro**

**Club Científico Bezmiliana  
I.E.S. Bezmiliana  
Rincón de la Victoria (Málaga)**



## **ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>5</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>35</b>
<b>8. WEBGRAFÍA.....</b>	<b>37</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXO I: Gráficas de los resultados experimentales.....</b>	<b>39</b>



## **1. INTRODUCCIÓN**

Los sentidos son nuestra ventana al mundo. Representan la primera estación en el proceso de captación de la realidad y, por consiguiente, los datos por ellos proporcionados son los cimientos sobre los que descansa toda la compleja actividad de nuestra mente. La literatura ha expresado de muchas maneras la importancia que, a veces sin conciencia de ello, tienen para nosotros: personajes literarios y poemas evocan nuestras más hondas nostalgias que en muchos casos no son pensamientos profundos y grandilocuentes, sino el olor de una madalena o de la tierra recién mojada por la lluvia, el silencio, el viento pasando por las hojas de un árbol, las olas acariciando una playa, la textura de una sábana, el tacto de un ser querido o simplemente la luz.

Nuestra mente puede resistir sin hablar y sin pensar mucho tiempo, pero la privación sensorial es un método de tortura y socava profundamente la integridad mental (Burtoni y Kagan, 2007). Necesitamos mantener el contacto que nos proporciona lo sensorial por lo que, incluso durmiendo, *inputs* virtuales entretienen a nuestras neuronas mientras esperan su nueva conexión con el mundo exterior.

La llamada multisensorialidad, la interacción e integración de diversas fuentes sensoriales, está recibiendo cada vez más atención en diversos ámbitos de la investigación y la vida cotidiana.

Empezando por el mundo del arte, hemos tenido noticia de diversas iniciativas que implican la consideración estética de varias modalidades sensoriales simultáneamente: SID, 27-10-2005; El País, 18-4-2011 y El País, 13-4-2011 (ver los enlaces en la webgrafía).

También el estudio del aprendizaje y la didáctica están considerando la multisensorialidad como un nuevo enfoque, tanto en individuos sanos (Shams y Seitz, 2008; Seitz et al., 2006), como, por parte de la Fundación ONCE, en niños discapacitados (ver enlace en webgrafía).



¿Se han preguntado por qué los envoltorios de productos alimenticios crujientes son cada vez más también crujientes? Se sabe que la percepción de lo crujiente que es una patata frita se incrementa en un 15% si el envoltorio también es crujiente. El mundo de la publicidad y la mercadotecnia no es ajeno a la sensibilización sensorial a la hora de evaluar la preferencia por un producto determinado. Se habla de publicidad sensorial (Álvarez, 2008) y de evaluación sensorial de la comida (Lawless y Heymann, 2010). El programa de divulgación científica de RTVE “tres14” ha recogido en uno de sus capítulos cómo el enólogo Jaume Gramona investiga la interacción entre cava y música; asimismo, el gastrónomo Pep Palau estudia a qué saben los sonidos (ver enlace en webgrafía).

Aunque ya sabemos superada la noción clásica de los cinco sentidos (Shepherd, 1990), en este trabajo nos atenderemos a ella, ya que nuestro objetivo es el estudio empírico de las posibles interacciones entre modalidades sensoriales y la consideración de la quimiocepción (en un sentido amplio, no sólo restringida al olor y al gusto), la nocicepción, la termocepción y la propiocepción multiplicarían enormemente las posibles interacciones y, por supuesto, incrementarían las dificultades metodológicas haciendo nuestra investigación muy difícil.

El título elegido para el trabajo representa un primer esbozo de límite del ámbito que nos hemos propuesto investigar: la consideración de parejas de sentidos, añadimos ahora en su concepción clásica, para estudiar la posible influencia mutua mientras captan nuestra atención de modo simultáneo.

Inevitablemente el mundo sensorial está ligado a su valor informativo sobre la supervivencia del individuo y, por tanto, adquiere de modo inmediato un tinte emocional, según sea su significado amenazante o favorecedor para nuestras posibilidades vitales, por lo que cualquier modalidad sensorial elegida ha sido presentada en varios estados que han podido ser catalogados como agradables (también dulces, cálidos, alegres, armoniosos, etc.) o desagradables (también amargos, fríos, tristes, disonantes, etc.).



Así pues del estudio experimental de la mutua influencia de pares sensoriales, activos de modo simultáneo en determinadas tareas, normalmente presentados bajo una etiqueta emocional en sus distintos valores, trata este trabajo.

## **2. OBJETIVOS**

1. Investigar experimentalmente las posibles interacciones de parejas de sentidos clásicos: vista, gusto, olfato, tacto y oído. Entenderemos por interacción la posible alteración que se produce en la evaluación realizada por un sentido cuando otro sentido también capta nuestra atención de un modo significativo.
2. Realizar un ciclo de investigación completo que incluye la búsqueda de información previa, el planteamiento de un problema, la emisión de hipótesis, el diseño y la realización de los experimentos, la discusión de los datos obtenidos y la extracción de conclusiones.
3. Valorar que, lejos de la imagen que se tiene popularmente de la ciencia como el reino de lo exacto y preciso, la investigación real, y más si se realiza con personas, es una actividad muy compleja que implica múltiples variables interactuando que pueden conducir a que el modelo reducido del mundo que hemos adoptado, eso y no otra cosa son nuestros experimentos, no sea válido y éstos no se comporten según lo esperado o directamente “no salgan”.

## **3. METODOLOGÍA**

La decisión metodológica más importante fue elegir el tipo de grupo de control con el que comparar los diferentes tratamientos experimentales. Teníamos dos alternativas: un grupo con sujetos diferentes o bien que los mismos sujetos actuaran de controles de sí mismos. Estuvimos analizando cuidadosamente cada opción considerando las ventajas y los inconvenientes. El principal inconveniente del grupo de control externo es que no nos asegura un control efectivo, es decir, con todo el conjunto de variables que puedan influir en el fenómeno, excepto la de tratamiento equiparadas al grupo experimental, ya



que el fenómeno a estudiar es en sí característico de la persona y subjetivo, lo que parece sugerir la posibilidad de una variabilidad notable entre sujetos. El principal inconveniente del control interno, con los mismos sujetos, es que pueden aparecer distorsiones debido al aprendizaje mientras se suceden los ensayos o al intento, por parte de los sujetos, de adivinar las hipótesis que inspiran los experimentos y ajustarse o desajustarse a éstas.

Obviamente no hay una solución perfecta en este caso y el hecho de investigar la sensación, eminentemente subjetiva, nos hizo inclinarnos por la segunda opción e incluir en el protocolo experimental la instrucción a los sujetos de atenerse al dictado de sus sensaciones a la hora de responder, evitando, en la medida de lo posible, sus propias hipótesis sobre el objeto de la investigación. Les dijimos que se lo explicaríamos con todo lujo de detalles al final de la misma. Por otra parte tampoco habría una alteración neta causada por este problema si los sujetos distorsionaban sus repuestas por igual en ensayos de control que en ensayos de tratamiento. A fin de favorecer esto, siempre procedimos a presentarlos en orden aleatorio, sin distinguirlos.

Tomada la decisión principal, procedimos a diseñar experimentos con un sentido como variable dependiente cada vez, manipulando los demás como variables independientes que podrían modificar su percepción o no:

- Experimento 1: reconocimiento de colores.
- Experimento 2: elección libre de colores.
- Experimento 3: percepción del sabor.
- Experimento 4: percepción del olor.
- Experimento 5: percepción de la textura.

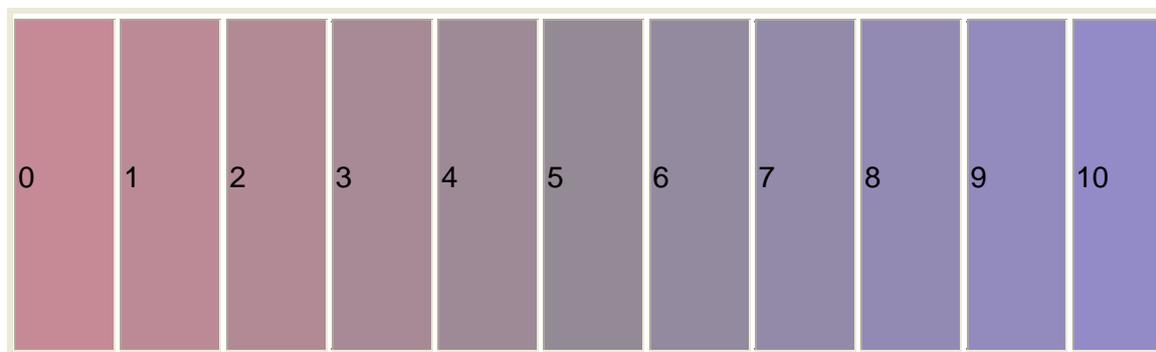
Sobre la percepción del color hemos diseñado dos tipos de experimentos con una estructura general similar, aunque con diferentes tareas a realizar: en el primero, los sujetos reconocen un color presentado previamente y en el segundo eligen libremente el que les gusta más. En cuanto a la percepción auditiva, no nos resultó fácil establecerla como variable dependiente por lo que decidimos no considerarla al ya estar representadas todas sus interacciones en los experimentos anteriores.



En este punto abordamos la tarea de planificar nuestras experiencias todo lo cuidadosamente que pudimos, considerando *a priori* los problemas que podrían surgir. El resultado fueron los siguientes diseños experimentales:

**Experimento 1: estudio de las variables sensoriales que pueden inducir desplazamientos en el reconocimiento de un color.**

La variable dependiente ha sido la percepción del color. Para operativizarla hemos diseñado gamas de colores generadas por un programa informático a partir de un color de referencia. El programa genera a partir de éste cinco colores más que tienden hacia la frialdad (lo hace aumentando la proporción de azul en un tanto por ciento constante, un parámetro ajustable por el programa, en el código RGB del color en numeración hexadecimal) y otros cinco colores más que tienden hacia la calidez (usando el mismo procedimiento, pero aumentando ahora la proporción de rojo). El resultado se puede ver en el siguiente espectro, que ha sido generado con una variación en el código RGB de azul y rojo del 4%, a partir del color de referencia (el número 5).



Tenemos así un espectro de colores con una variación constante a partir de un color de referencia y convertibles en un parámetro numérico que será nuestra variable dependiente. A los sujetos se les presentará el color de referencia y tras un tratamiento de un minuto en el que se introducirá la variable independiente (ensayo experimental) o, alternativamente, una tarea distractora como contar números de tres en tres hacia atrás, para evitar estrategias de memorización del color (ensayo de control), se les pedirá reconocer el color



original. En la fase de reconocimiento se presenta la gama aleatorizada, para evitar el contraste entre colores cercanos como ayuda en la tarea, y marcando los colores con letras que van variando aleatoriamente de ensayo a ensayo, para evitar que los sujetos se den cuenta que siempre se les presenta el número cinco o su letra asociada para ser reconocida; el código que relaciona letras con números, propio de cada ensayo, permitirá asignar un valor numérico al color reconocido de manera que un color inferior a 5 representará un desplazamiento hacia el rojo (hacia la calidez) y un color superior a 5 representará un desplazamiento hacia el azul (hacia la frialdad) debido al tratamiento introducido.

Nuestra hipótesis es que diferentes tratamientos, manipulando diferente información sensorial (variable independiente), puedan producir diferentes desplazamientos hacia el rojo o el azul en el color reconocido, por interacción de otros sentidos, o quizás del contenido emocional que puedan evocar, con la percepción del color o, para ser más precisos, con su recuerdo.

El procedimiento general queda así reflejado en la siguiente secuencia:

- Se presenta el color de referencia durante cinco segundos.
- Se realiza un tratamiento determinado durante un minuto.
- Se presenta una gama completa en orden aleatorio y con colores marcados por letras para reconocer el color original.
- Se anota la letra del color elegido en la hoja de respuestas.

Este procedimiento se repetirá 15 veces para introducir, como variables independientes, cinco modalidades sensoriales con dos estados diferentes para cada modalidad y un ensayo de control. Los 15 ensayos se presentan aleatoriamente para evitar que los sujetos perciban que el color de referencia es el mismo en cada modalidad sensorial. Todo el protocolo experimental queda recogido de manera resumida en la Tabla 1, listándose los diferentes ensayos en el orden en que serán presentados finalmente a los sujetos experimentales. El uso del antifaz se hace siempre que se pueda, para favorecer la concentración en las modalidades sensoriales que son objeto de atención y se usa tanto en la condición de tratamiento como en el



correspondiente control. Obviamente no se usa cuando estemos introduciendo ver imágenes como variable independiente. Tras cada ensayo con olores y sabores será necesario beber un poquito de agua para arrastrar los restos que puedan quedar, tras el tratamiento realizado, en la cavidad buco-nasal.

<b>TABLA 1: PROTOCOLO EXPERIMENTAL DEL EXPERIMENTO 1</b>				
<b>Ensayo nº:</b>	<b>Modalidad sensorial</b>	<b>Estado</b>	<b>Código del ensayo</b>	<b>Descripción del tratamiento</b>
1	Oído (música)	Control	CM	Contar números. Antifaz
2	Olfato	Agradable	OA	Olor agradable (perfume). Antifaz
3	Vista (imágenes)	Control	CI	Contar números
4	Tacto	Desagradable	TD	Tocar lija. Antifaz
5	Gusto	Dulce	SD	Catar chocolate. Antifaz
6	Tacto	Agradable	TA	Tocar tela suave. Antifaz
7	Olfato	Control	CO	Contar números. Antifaz
8	Oído (música)	Triste	MT	Escuchar música. Antifaz. <i>"Rivers flows in you"</i> Yurima
9	Gusto	Ácido	SA	Catar chicle. Antifaz
10	Tacto	Control	CT	Contar números. Antifaz
11	Vista (imágenes)	Tristes	IT	Ver vídeo (imágenes tristes: tonos grises, soledad, etc.)
12	Oído (música)	Alegre	MA	Escuchar música. Antifaz. <i>"Summercat"</i> Billie & the visioners
13	Olfato	Desagradable	OD	Olor desagradable (amoníaco diluido). Antifaz
14	Gusto	Control	CS	Contar números. Antifaz
15	Vista (imágenes)	Alegres	IA	Ver vídeo (imágenes alegres: colorido, risas, diversión, etc.)



El análisis de resultados se realizará comparando las series de datos de cada trío de ensayos que incluye los dos estados de la variable dependiente, por ejemplo sabor dulce y sabor ácido, y su correspondiente ensayo de control. Obviamente la comparación exige que la terna citada se presente con el mismo color de referencia, como ya decíamos anteriormente.

**Experimento 2: estudio de las variables sensoriales que pueden inducir desplazamientos en la elección libre de un color.**

Es una variante del anterior en la que todo el procedimiento es igual, con la única diferencia que no se muestra un color de referencia inicialmente, dejándose a la preferencia personal, siguiendo un criterio estético, la elección del color cuando se presenta la gama tras el tratamiento o el ensayo de control.

Para evitar, dada la semejanza de los procedimientos, la influencia de un experimento en el otro se han planificado en primer y último lugar de la serie, con un intervalo de un mes y medio entre la realización de ambos.

El análisis estadístico se realizará sobre tríos de series de datos, como en el experimento 1, buscando diferencias significativas entre un control y los dos diferentes estados de una variable sensorial introducida como tratamiento.

**Experimento 3: estudio de las variables sensoriales que pueden interaccionar con la percepción del sabor.**

La variable dependiente ahora ha sido la percepción del sabor. Hemos usado como tarea experimental la cata de diferentes muestras de chocolate. Para el protocolo de cata hemos consultado el documento que ha publicado en Internet la asociación *Slow Food* (que lucha contra la comida basura) al que se puede acceder en el enlace incluido en la webgrafía. Se han elegido como variables a valorar la dulzura y el amargor del chocolate usando una escala subjetiva de 1 (mínimo) a 7 (máximo) para cuantificar la intensidad de la propiedad sometida a valoración que, según el protocolo citado, es la más adecuada y válida para medir sensaciones y es la más usada en la cata profesional.

Hemos elegido cuatro muestras diferentes de chocolates, dos de ellas más dulces y dos más amargas, aunque se valoraban los dos parámetros en todas



ellas, con la finalidad de muestrear en la medida de lo posible toda la escala completa. Los diferentes tipos de chocolate han sido:

- Chocolate 1: Milka con leche y caramelo.
- Chocolate 2: Ikea food.
- Chocolate 3: Supersol 70% cacao.
- Chocolate 4: Lindt 85% cacao.

Nuestra hipótesis es que diferentes tratamientos, manipulando diferente información sensorial (variable independiente), puedan producir diferentes valoraciones en las propiedades elegidas.

El procedimiento general ha seguido la siguiente secuencia:

- Se paladea la muestra de chocolate durante un minuto coincidiendo con el tratamiento requerido en el ensayo.
- Se procede a valorar dulzura y amargor percibidos en la hoja de respuestas.

Este procedimiento se repetirá 12 veces para introducir, como variables independientes, cuatro modalidades sensoriales con dos estados diferentes para cada modalidad y un ensayo de control. Los 12 ensayos se presentan en orden aleatorio para evitar, en la medida de lo posible, que los sujetos perciban el número total de muestras diferentes y que usen puntuaciones de ensayos anteriores como referencia para la valoración. Todo el protocolo experimental queda recogido de manera resumida en la Tabla 2, listándose los diferentes ensayos en el orden en que serán presentados finalmente a los sujetos experimentales. Todos consisten en saborear una muestra de chocolate: los tratamientos se superponen a esta cata, los controles no, por lo que en la tabla citada sólo se indican los tratamientos sin hacer constar la cata. Se ha usado antifaz por las mismas razones ya expuestas anteriormente y después de cada ensayo ha sido necesario beber agua para evitar, en la medida de lo posible, la influencia de unos ensayos en otros.



<b>TABLA 2: PROTOCOLO EXPERIMENTAL DEL EXPERIMENTO 3</b>					
<b>Ensayo nº:</b>	<b>Modalidad sensorial</b>	<b>Estado</b>	<b>Código del ensayo</b>	<b>Muestra nº:</b>	<b>Descripción del tratamiento</b>
1	Olfato	Agradable	OA	3	Olor agradable (perfume). Antifaz
2	Oído (música)	Control	CM	4	Saborear muestra. Antifaz
3	Tacto	Desagradable	TD	1	Tocar lija. Antifaz
4	Vista (imágenes)	Control	CI	2	Saborear muestra
5	Olfato	Desagradable	OD	3	Olor desagradable (amoníaco diluido). Antifaz
6	Oído (música)	Dulce	DU	4	Escuchar música. Antifaz. "Minueto" Boccherini
7	Olfato	Control	CO	3	Saborear muestra. Antifaz
8	Tacto	Agradable	TA	1	Tocar tela suave. Antifaz
9	Vista (imágenes)	Tristes	IT	2	Ver vídeo (imágenes tristes: tonos grises, soledad, etc.)
10	Oído (música)	Disonante	DI	4	Escuchar música. Antifaz. "Trío para cuerda, op.20" Anton Webern
11	Tacto	Control	CT	1	Saborear muestra. Antifaz
12	Vista (imágenes)	Alegres	IA	2	Ver vídeo (imágenes alegres: colorido, risas, diversión, etc.)



El análisis de resultados se realizará comparando las series de datos de cada trío de ensayos que incluye los dos estados de la variable dependiente, por ejemplo música dulce y música disonante, y su correspondiente ensayo de control. Para poder compararlos deberemos de usar la misma muestra de chocolate en cada terna.

**Experimento 4: estudio de las variables sensoriales que pueden interaccionar con la percepción del olor.**

La variable dependiente ahora ha sido la sensación olfativa. Hemos usado como tarea experimental la valoración de diferentes muestras de perfume. Para el protocolo de valoración hemos seguido las normas ya referidas para la cata de chocolates usándose el mismo tipo de escala de intensidad subjetiva (de 1 a 7). Los sujetos han valorado dos parámetros de cada perfume: la dulzura y la frescura.

Hemos elegido cuatro muestras diferentes de perfumes, dos de ellas más dulces y dos más frescas, aunque se valoraban los dos parámetros en todas ellas, con la finalidad de muestrear en la medida de lo posible toda la escala completa. Los diferentes tipos de perfume han sido:

- Perfume 1: Agua fresca de colonia Deliplus.
- Perfume 2: Bosques mediterráneos, Aceite esencial.
- Perfume 3: Passion Fruit.
- Perfume 4: Yuren chocolate.

Nuestra hipótesis es que diferentes tratamientos, manipulando diferente información sensorial (variable independiente), puedan producir diferentes valoraciones en las propiedades estudiadas.

El procedimiento general ha seguido la siguiente secuencia:

- Se olfatea la muestra de perfume durante un minuto coincidiendo con el tratamiento requerido en el ensayo.
- Se procede a valorar dulzura y frescura percibidas en la hoja de respuestas.



<b>TABLA 3: PROTOCOLO EXPERIMENTAL DEL EXPERIMENTO 4</b>					
<b>Ensayo nº:</b>	<b>Modalidad sensorial</b>	<b>Estado</b>	<b>Código del ensayo</b>	<b>Muestra nº:</b>	<b>Descripción del tratamiento</b>
1	Tacto	Frío	TF	3	Tocar metal enfriado. Antifaz
2	Oído (música)	Control	CM	4	Oler perfume. Antifaz
3	Gusto	Fresco	SF	2	Masticar chicle <i>Happydent</i> . Antifaz
4	Vista (imágenes)	Control	CI	1	Oler perfume
5	Tacto	Agradable	TA	3	Tocar tela suave. Antifaz
6	Oído (música)	Dulce	MD	4	Escuchar música. Antifaz. "Lollipop" The Chordettes
7	Gusto	Dulce	SD	2	Masticar Sugus Mix. Antifaz
8	Tacto	Control	CT	3	Oler perfume. Antifaz
9	Vista (imágenes)	Dulces	ID	1	Ver vídeo (imágenes dulces: fruta, pastel, etc.)
10	Oído (música)	Fresca	MF	4	Escuchar música. Antifaz. "Juegos de agua en la Villa del Este" Fran Liszt
11	Gusto	Control	CS	2	Oler perfume. Antifaz
12	Vista (imágenes)	Frescas	IF	1	Ver vídeo (imágenes frescas: cataratas, mar, etc.)



Este procedimiento se repetirá 12 veces para introducir, como variables independientes, cuatro modalidades sensoriales con dos estados diferentes para cada modalidad y un ensayo de control. Los 12 ensayos se presentan en orden aleatorio para evitar, en la medida de lo posible, que los sujetos perciban el número total de muestras diferentes y que usen ensayos anteriores como referencia para la valoración. Todo el protocolo experimental queda recogido de manera resumida en la Tabla 3, listándose los diferentes ensayos en el orden en que serán presentados finalmente a los sujetos experimentales. Todos consisten en olfatear una muestra de perfume: los tratamientos se superponen a esta tarea, los controles no. Se ha usado antifaz por las mismas razones ya expuestas anteriormente y después de cada ensayo ha sido necesario beber agua para evitar, en la medida de lo posible, la influencia de unos ensayos en otros.

El análisis de resultados se realizará comparando las series de datos de cada trío de ensayos que incluye los dos estados de la variable dependiente, por ejemplo sabor dulce y sabor fresco, y su correspondiente ensayo de control. Para poder compararlos deberemos usar la misma muestra de perfume en cada terna.

**Experimento 5: estudio de las variables sensoriales que pueden interaccionar con la percepción del tacto.**

La variable dependiente ahora ha sido la sensación táctil. Hemos usado como tarea experimental la valoración de diferentes texturas. Para el protocolo de valoración hemos seguido las normas habituales, escalando muestras de lija de diferente granulosis en la dimensión lisa-rugosa con una escala de 1 (máxima lisura) a 7 (máxima rugosidad):

- Superficie 1: pliego de lija Leroy Merlin, grano 40.
- Superficie 2: pliego de lija Leroy Merlin, grano 60.
- Superficie 3: pliego de lija Leroy Merlin, grano 80.
- Superficie 4: pliego de lija Leroy Merlin, grano 150.



Nuestra hipótesis es que diferentes tratamientos, manipulando diferente información sensorial (variable independiente), puedan producir diferentes valoraciones en la textura percibida.

<b>TABLA 4: PROTOCOLO EXPERIMENTAL DEL EXPERIMENTO 5</b>					
<b>Ensayo n°:</b>	<b>Modalidad sensorial</b>	<b>Estado</b>	<b>Código del ensayo</b>	<b>Muestra n°:</b>	<b>Descripción del tratamiento</b>
1	Oído (música)	Control	CM	4	Palpar lija. Antifaz
2	Olfato	Desagradable	OD	1	Olor desagradable (amoníaco diluido). Antifaz
3	Vista (imágenes)	Control	CI	3	Palpar lija
4	Gusto	Dulce	SD	2	Masticar Sugus Mix. Antifaz
5	Olfato	Agradable	OA	1	Olor agradable (perfume). Antifaz
6	Oído (música)	Suave	MS	4	Escuchar música. Antifaz. "Concierto para clarinete, Adagio" W.A. Mozart
7	Olfato	Control	CO	1	Palpar lija. Antifaz
8	Gusto	Amargo	SA	2	Catar chocolate amargo. Antifaz
9	Vista (imágenes)	Rugosas	IR	3	Ver vídeo (imágenes rugosas: acantilado, textura rugosa, riscos, etc.)
10	Oído (música)	Rugosa	MR	4	Escuchar música. Antifaz. "Variaciones sobre Paganini" Lutoslawski
11	Gusto	Control	CS	2	Palpar lija. Antifaz
12	Vista (imágenes)	Suaves	IS	3	Ver vídeo (imágenes suaves: ondulaciones, curvas regulares, etc.)



El procedimiento general ha seguido la siguiente secuencia:

- Se palpa la muestra de lija durante un minuto coincidiendo con el tratamiento requerido en el ensayo.
- Se procede a valorar la suavidad-rugosidad (una única variable) percibida en la hoja de respuestas.

Este procedimiento se repetirá 12 veces para introducir, como variables independientes, cuatro modalidades sensoriales con dos estados diferentes para cada modalidad y un ensayo de control. Los 12 ensayos se presentan en orden aleatorio para evitar, en la medida de lo posible, que los sujetos perciban el número total de muestras diferentes y que usen las puntuaciones anteriores como referencia para la valoración. Todo el protocolo experimental queda recogido de manera resumida en la Tabla 4, listándose los diferentes ensayos en el orden en que serán presentados finalmente a los sujetos experimentales. Todos consisten en palpar una muestra de lija: los tratamientos se superponen a esta tarea, los controles no. Se ha usado antifaz por las mismas razones ya expuestas en experimentos anteriores y los sujetos han bebido agua detrás de cada ensayo relacionado con sabores y olores. Un comentario sobre la música seleccionada: en casos anteriores el adjetivo descriptor y la intuición creemos que han sido suficientes para justificar la elección; en este caso vamos a explicar que la música suave ha sido considerada así por tener una línea melódica que varía muy lentamente y de un modo muy gradual y sereno (el Adagio del Concierto de Clarinete de Mozart) y la música rugosa ha sido así elegida por tener una línea melódica muy abrupta y que está continuamente variando en una manera rápida, brusca e impredecible (las variaciones sobre Paganini a dos pianos de Lutoslawski).

El análisis de resultados se realizará comparando las series de datos de cada trío de ensayos que incluye los dos estados de la variable dependiente, por ejemplo imágenes suaves e imágenes rugosas, y su correspondiente ensayo de control. Para poder compararlos deberemos de usar la misma muestra de lija en cada terna.



Por último nuestra herramienta metodológica más usada ha sido la Estadística. El problema cuando se trabaja con personas es que no todos somos iguales por lo que, ¿cómo distinguimos en un experimento el efecto de una manipulación del simple azar? Podría ocurrir que lo que nos parece un efecto experimental fuera simplemente buena o mala suerte. En Estadística esto se conoce como el problema de la inferencia estadística (Martínez et al., 1991) que se resuelve usando pruebas estadísticas ya diseñadas y que nos informan de que lo que estamos viendo es un efecto real con una probabilidad normalmente superior al 95% (también se dice que  $p < 0.05$ ) lo que equivale a decir que es estadísticamente significativo. Para las pruebas estadísticas hemos usado el paquete estadístico SPSS 15.0 para Windows eligiendo, según las características del diseño realizado, las pruebas para muestras relacionadas (son los mismo sujetos los que han pasado por las diferentes condiciones experimentales).

Como veremos en los resultados que exponemos a continuación, y como es habitual que ocurra en la investigación con personas, y más aún en un sistema tan complejo como la percepción sensorial, algunas conclusiones eran esperadas, otras inesperadas, algunas esperadas sólo a medias y varias de nuestras expectativas simplemente no se han visto cumplidas.

#### **4. RESULTADOS**

Vamos a ver los resultados de los distintos experimentos realizados:  
**Experimento 1: estudio de las variables sensoriales que pueden inducir desplazamientos en el reconocimiento de un color.**

El número de sujetos experimentales ha sido 35, todos ellos alumnado de 1º de Bachillerato del IES Bezmiliana. Los resultados se exponen en la Tabla 5 y su representación en la gráfica 1 del Anexo I. Cada aumento o disminución de una unidad de puntuación implica una variación en la proporción de azul o rojo, respectivamente, del 5% aproximadamente expresado en su código de color RGB en numeración hexadecimal. Ninguna de las series de datos se ha distribuido normalmente, por lo que la significación estadística se ha



establecido con la prueba de Friedman, no paramétrica, para K muestras relacionadas (K=3 en este caso).

TABLA 5: RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 1		
Código del ensayo	Valores medios	Significación estadística de la comparación entre las medias
CM	5.3	No significativa
MT	5.0	
MA	4.7	
CO	4.2	Significativa $p = 0.007$ $X^2 = 9.9$
OA	3.7	
OD	3.1	
CT	4.9	Significativa $p = 0.003$ $X^2 = 11.8$
TD	5.7	
TA	5.0	
CI	5.3	No significativa
IT	4.2	
IA	4.4	
CS	5.5	Significativa $p = 0.002$ $X^2 = 12.2$
SD	6.2	
SA	4.2	

Podemos resumir los resultados así:

- Ni las imágenes ni la música han interactuado significativamente con el recuerdo del color.
- Los olores han desplazado el color reconocido hacia el rojo, aunque más los desagradables.
- Sólo la textura desagradable ha desplazado el reconocimiento hacia el azul.



- Los sabores dulces desplazan el color recordado hacia el azul y los sabores ácidos lo hacen hacia el rojo, provocando el máximo desplazamiento medido.



**Grupo de sujetos experimentales durante uno de los experimentos**

**Experimento 2: estudio de las variables sensoriales que pueden inducir desplazamientos en la elección libre de un color.**

El número de sujetos experimentales ha sido 35, todos ellos alumnado de 1º de Bachillerato del IES Bezmiliana. Los resultados se exponen en la Tabla 6 y su representación en la gráfica 2 del Anexo I. El significado de las puntuaciones es el mismo que el ya explicado en el experimento anterior. Ninguna de las series de datos se han distribuido normalmente por lo que la significación estadística se ha establecido con la prueba de Friedman, no paramétrica, para K muestras relacionadas (K=3 en este caso).



TABLA 6: RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 2		
Código del ensayo	Valores medios	Significación estadística de la comparación entre las medias
CM	9.3	Significativa $p = 0.001$ $X^2 = 13.4$
MT	8.0	
MA	8.5	
CO	5.3	No significativa
OA	4.4	
OD	4.7	
CT	4.5	No significativa
TD	4.1	
TA	4.2	
CI	2.7	Significativa $p = 0.04$ $X^2 = 6.4$
IT	3.9	
IA	4.2	
CS	4.4	No significativa
SD	3.5	
SA	3.3	

Podemos resumir los resultados así:

- Ni olores, ni sabores, ni texturas afectan significativamente al color elegido como preferido de la gama presentada.
- La música ha desplazado el color preferido hacia el rojo, aunque este efecto ha sido superior para la música triste que para la alegre.
- Las imágenes han desplazado, por el contrario, el color seleccionado hacia el azul, siendo ligeramente superior el efecto de las imágenes alegres que las imágenes tristes.

**Experimento 3: estudio de las variables sensoriales que pueden interaccionar con la percepción del sabor.**

El número de sujetos experimentales ha sido 35, todos ellos alumnado de 1º de Bachillerato del IES Bezmiliana. Los resultados se exponen en la Tabla 7 y su representación en la gráfica 3 del Anexo I. En esta tabla los códigos de los ensayos incorporan un subíndice que indica si el parámetro valorado es dulzura



(subíndice d) o amargor (subíndice a). Cada unidad de puntuación tiene un significado de un 15% aproximadamente en la intensidad subjetiva de la propiedad evaluada. Ninguna de las series de datos se han distribuido normalmente por lo que la significación estadística se ha establecido con la prueba de Friedman, no paramétrica, para K muestras relacionadas (K=3 en este caso).

<b>TABLA 7: RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 3</b>		
<b>Código del ensayo</b>	<b>Valores medios</b>	<b>Significación estadística de la comparación entre las medias</b>
CM <sub>d</sub>	1.5	No significativa
DU <sub>d</sub>	1.3	
DI <sub>d</sub>	1.4	
CM <sub>a</sub>	6.2	Significativa $p = 0.001$ $X^2 = 19.2$
DU <sub>a</sub>	6.3	
DI <sub>a</sub>	6.8	
CO <sub>d</sub>	3.4	Significativa $p = 0.001$ $X^2 = 21.1$
OA <sub>d</sub>	3.7	
OD <sub>d</sub>	2.7	
CO <sub>a</sub>	4.0	Significativa $p = 0.001$ $X^2 = 19.0$
OA <sub>a</sub>	3.5	
OD <sub>a</sub>	5.1	
CT <sub>d</sub>	6.1	No significativa
TD <sub>d</sub>	6.1	
TA <sub>d</sub>	6.4	
CT <sub>a</sub>	1.7	No significativa
TD <sub>a</sub>	1.5	
TA <sub>a</sub>	1.5	
CI <sub>d</sub>	5.9	No significativa
IT <sub>d</sub>	5.9	
IA <sub>d</sub>	6.0	
CI <sub>a</sub>	1.7	No significativa
IT <sub>a</sub>	1.6	
IA <sub>a</sub>	1.7	



Podemos resumir los resultados así:

- Ni el tacto ni la visión de imágenes han interactuado significativamente con el sabor percibido.
- La música disonante ha aumentado la percepción de amargor pero no ha afectado a la sensación de dulzura. La música dulce no ha afectado significativamente a ninguno de los parámetros.
- El olor sí interactúa con el sabor de un modo exhaustivo y consistente con lo esperado: el olor agradable incrementa la sensación de dulzura y el desagradable la disminuye. Sin embargo, el olor agradable disminuye la percepción de amargor y el desagradable la aumenta.

**Experimento 4: estudio de las variables sensoriales que pueden interactuar con la percepción del olor.**

El número de sujetos experimentales ha sido 35, todos ellos alumnado de 1º de Bachillerato del IES Bezmiliana. Los resultados se exponen en la Tabla 8 y su representación en la gráfica 4 del Anexo I. En esta tabla los códigos de los ensayos incorporan un subíndice que indica si el parámetro valorado es dulzura (subíndice d) o frescura (subíndice f). El significado de las puntuaciones es el mismo que en el experimento anterior. Ninguna de las series de datos se han distribuido normalmente por lo que la significación estadística se ha establecido con la prueba de Friedman, no paramétrica, para K muestras relacionadas (K=3 en este caso).

Podemos resumir los resultados así:

- La música no ha interactuado con la función olfativa.
- Los sabores sí lo han hecho: un sabor fresco disminuye la percepción de dulzura pero un sabor dulce la aumenta; la sensación de frescura sólo aumenta significativamente con los sabores frescos.
- El tacto no ha afectado a la sensación de dulzura del perfume pero sí lo ha hecho con la de frescura, disminuyéndola, aunque lo ha hecho más tocar un metal frío que una textura agradable.
- Las imágenes sí que han alterado el olor percibido: la dulzura del perfume se ha percibido más con imágenes dulces y frescas, aunque



más con las dulces, y la frescura ha disminuido con las imágenes dulces y ha aumentado con las imágenes frescas.

TABLA 8: RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 4		
Código del ensayo	Valores medios	Significación estadística de la comparación entre las medias
CM <sub>d</sub>	3.8	No significativa
MD <sub>d</sub>	4.5	
MF <sub>d</sub>	4.5	
CM <sub>f</sub>	2.5	No significativa
MD <sub>f</sub>	2.2	
MF <sub>f</sub>	2.3	
CS <sub>d</sub>	3.5	Significativa $p = 0.04$ $X^2 = 6.59$
SF <sub>d</sub>	3.2	
SD <sub>d</sub>	4.2	
CS <sub>f</sub>	3.9	Significativa $p = 0.05$ $X^2 = 5.23$
SF <sub>f</sub>	4.6	
SD <sub>f</sub>	4.1	
CT <sub>d</sub>	4.3	No significativa
TF <sub>d</sub>	4.5	
TA <sub>d</sub>	4.4	
CT <sub>f</sub>	3.9	Significativa $p = 0.04$ $X^2 = 6.18$
TF <sub>f</sub>	3.2	
TA <sub>f</sub>	3.5	
CI <sub>d</sub>	2.8	Significativa $p = 0.01$ $X^2 = 9.25$
ID <sub>d</sub>	3.7	
IF <sub>d</sub>	3.3	
CI <sub>f</sub>	5.5	Significativa $p = 0.03$ $X^2 = 6.73$
ID <sub>f</sub>	5.1	
IF <sub>f</sub>	5.8	



**Experimento 5: estudio de las variables sensoriales que pueden interaccionar con la percepción del tacto.**

El número de sujetos experimentales ha sido 37, todos ellos alumnado de 1º de Bachillerato del IES Bezmiliana. Los resultados se exponen en la Tabla 9 y su representación en la gráfica 5 del Anexo I. El significado de las puntuaciones es el mismo que en el experimento anterior. Ninguna de las series de datos se han distribuido normalmente por lo que la significación estadística se ha establecido con la prueba de Friedman, no paramétrica, para K muestras relacionadas (K=3 en este caso).

TABLA 9: RESULTADOS DEL EXPERIMENTO 5		
Código del ensayo	Valores medios	Significación estadística de la comparación entre las medias
CM	5.6	Significativa $p = 0.001$ $X^2 = 20.4$
MS	5.7	
MR	6.5	
CO	1.9	Significativa $p = 0.001$ $X^2 = 31.74$
OA	2.5	
OD	3.2	
CS	5.4	Significativa $p = 0.001$ $X^2 = 16.62$
SA	4.6	
SD	4.1	
CI	4.2	Significativa $p = 0.03$ $X^2 = 7.25$
IS	4.5	
IR	4.8	

Podemos resumir los resultados así:

- La música afecta a la función táctil, pero sólo en la versión que nosotros hemos llamado “música rugosa” que, efectivamente, ha aumentado significativamente la sensación de rugosidad percibida en la superficie. La “música lisa” no la ha afectado.



- La presencia de olores ha aumentado la percepción de rugosidad en la superficie, aunque lo he hecho mucho más un olor desagradable que uno agradable.
- Los sabores han aumentado la sensación de lisura de la superficie, aunque lo ha hecho mucho más el sabor dulce que el amargo.
- Las imágenes han aumentado la percepción de irregularidad en la superficie, aunque las llamadas “imágenes lisas” no han conseguido disminuirla.



**Sujeto experimental durante una valoración de rugosidad  
en una condición de olor desagradable (ensayo OD)**



## **5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

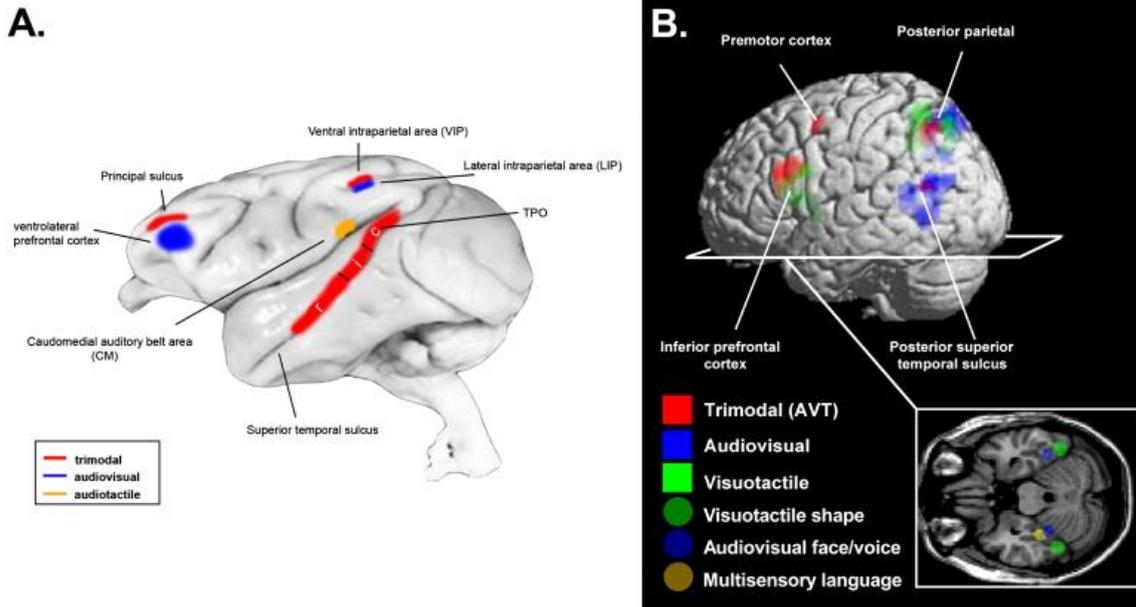
La integración multisensorial está recibiendo mucha atención tanto desde el punto de vista experimental como teórico. El llamado *binding problem* en la literatura especializada alude al hecho cierto de que percibimos los objetos de modo integrado y no distinguimos cada una de las modalidades sensoriales que de ellos recibimos por separado. Por otra parte, la popularización de ilusiones multisensoriales está haciendo que el tema esté llegando al gran público: el espectacular efecto McGurk (Jones y Callan, 2003), la ilusión producida por la incongruencia entre la información visual y la auditiva a la hora de reconocer sílabas, ha llegado a Internet; los vídeos en *Youtube* que explican este efecto alcanzan cientos de miles de visitas (ver webgrafía).

La combinatoria sensorial puede empezar a un nivel periférico simplemente por la cercanía espacial de los receptores sensoriales implicados o por la similitud estructural de estos receptores, que pueden compartir mecanismos de transducción del estímulo en señal neural, como es el caso de la fuerte relación, por todos conocida, entre el olfato y el gusto (ver por ejemplo “Fisiología del olfato y del gusto” en webgrafía): las enfermedades que afectan fuertemente a alguna de estas modalidades sensoriales afectan de un modo importante a la otra.

Podemos considerar también las interacciones establecidas en el cerebro mismo, bien desde una perspectiva más reducida o simple, a nivel neuronal con las llamadas neuronas multimodales, neuronas que responden sólo a estímulos sensoriales simultáneos de diferente naturaleza (ver por ejemplo, King y Calvert, 2001), o con estructuras de integración sensorial complejas que implican conjuntos grandes de neuronas encargadas de procesar los efectos multisensoriales (ver por ejemplo, Graziano y Gandhi, 2000; Driver y Toemme, 2007; Cappe et al., 2009; Bosch, 2007 en webgrafía; Stein et al., 2009). Una revisión de las zonas cerebrales que proporcionan las bases neurales de la integración multisensorial, también llamada multimodal, nos permite hacer el siguiente listado como resumen (ver *Multimodal integration* en webgrafía):



- Áreas subcorticales: tálamo, colículo superior y putamen.
- Áreas corticales: lóbulo frontal, lóbulo occipital, lóbulo parietal y lóbulo temporal.
- Interacciones corticales-subcorticales: surco ectosilviano anterior.



**Anatomía de las áreas corticales multisensoriales.**

Reproducido de Driver y Toemme (2007).

Considerando los estudios centrados en interacciones sensoriales específicas, los más numerosos corresponden a gusto y olfato, algunos de ellos con una orientación hacia posibles aplicaciones en la industria de la alimentación (ver por ejemplo, García, 2004 en webgrafía; Stevenson et al., 1999; Delviche, 2003; Araujo y Simon, 2009). Aunque también hemos encontrado trabajos que se centran en la relación vista y oído (ver Maier y Groh, 2009; Shams et al., 2002); tacto y oído (Naumer y Van den Bosch, 2009) o un enfoque multisensorial completo que toma al tacto como centro de análisis (Lederman y Klatzky, 2004).

La consideración de la relación de la integración sensorial con procesos mentales superiores, como la conciencia, abre aún más el campo de las



posibles influencias en el ya de por sí muy complicado fenómeno de la multisensorialidad. Por ejemplo, Ma y Pouget (2008) analizan modelos computacionales que relacionan la percepción multisensorial con la conducta. Alais et al. (2010) recorren el camino entre la fisiología y el comportamiento, pero centrados en la atención y el habla. Talsma et al. (2010) analizan extensamente el papel de la atención. El papel de la conciencia aparece en Gallace y Spence (2007) y Pennartz (2009). Con este panorama no es de extrañar que hayamos encontrado un artículo que demuestre la influencia del procedimiento experimental, a través de factores conceptuales, en el estudio de interacciones sensoriales (Frank et al., 1993).

Se comprende que a la luz de la revisión realizada, el fenómeno estudiado es muy complejo, con diversos niveles de influencia y con un gran número de interacciones posibles. Además éstas pueden ser potenciadoras o inhibitoras (Wright et al., 2003) lo que añade aún más dificultad. No hemos encontrado referencias a factores que creemos importantes a la luz de nuestros propios datos. Nos referimos a la simplicidad o complejidad del estímulo utilizado y, en conexión con estímulos complejos, su efecto emocional. Creemos que la razón es que los artículos consultados sacrifican la naturalidad de las situaciones experimentadas para mejorar la precisión y la fiabilidad de los análisis. Esto es lógico para un campo que está empezando a desarrollarse y que debe de fundamentarse de modo sólido, empezando por lo más sencillo.

Vamos a comenzar el análisis de nuestros propios datos organizándolos, debido a su gran complejidad. La Tabla 10 nos presenta un resumen de nuestros resultados en el que simplemente se incluye la existencia o no de interacción, cualitativamente hablando, debido a que, en primer lugar, se deducen de valoraciones subjetivas y, en segundo lugar, no es posible, excepto los dos primeros casos por la igualdad absoluta de modalidad sensorial y procedimiento, establecer comparaciones intermodales entre experimentos. Esto es debido al diferente significado de las unidades utilizadas y su dependencia del procedimiento experimental concreto: si los rangos de variación de la textura en las lijas o los sabores en las muestras de chocolate



utilizadas hubieran sido diferentes es posible que los resultados se hubieran visto afectados. Resumiendo: nuestros datos no tienen más valor, con la excepción ya indicada de los experimentos 1 y 2, que el atestiguar que una interacción sensorial ha ocurrido y a ello nos limitamos. Un resultado negativo, por tanto, puede querer decir que la interacción no existe o, alternativamente, que no hemos encontrado las condiciones para ponerla de manifiesto.

<b>TABLA 10: RESUMEN CUALITATIVO DE LOS RESULTADOS</b>					
Variable independiente → Variable dependiente ↓	Vista (Imágenes)	Oído (Música)	Sabor	Olor	Tacto
Exp.1: Reconocimiento de un color	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ
Exp.2: Elección de un color	SÍ	SÍ	NO	NO	NO
Exp.3: Valoración de sabores	NO	A VECES	–	SÍ	NO
Exp.4: Valoración de olores	SÍ	NO	SÍ	–	A VECES
Exp.5: Valoración de rugosidad de texturas	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	–

Los resultados globales pueden ser resumidos así:

- Predomina la interacción sensorial sobre la independencia de modalidades sensoriales (14 ensayos frente a 8).
- El sentido más interactivo, al menos en las condiciones investigadas, ha sido el tacto.



- La interacción más consistente, en las condiciones investigadas, ha sido la de sabor-olor que ha sido sistemáticamente positiva y creemos que ello puede ser atribuido con seguridad a un mecanismo de interacción periférica, por la cercanía física y química de los receptores implicados, y quizás también a interacciones neurales de circuitos cerebrales.
- El sentido más independiente, en nuestros experimentos, es el sabor que sólo ha interactuado con el olor.

Nos ha llamado mucho la atención la simetría perfecta que hay entre los resultados de los dos primeros experimentos que, como ya decíamos anteriormente, son los únicos que pueden ser directamente comparables entre sí. Los resultados positivos en una modalidad de tarea, reconocer colores, son los negativos en la otra modalidad, mostrar la preferencia por un color, y viceversa. No podemos más que concluir que la simplicidad o complejidad estimular y su potencial evocador han tenido un papel. En el experimento 1, el recuerdo de un color (estímulo simple) sólo se ha visto interferido por olores, sabores y texturas (también estímulos simples). En el experimento 2, la preferencia por un color se ha visto influida por factores emocionales desencadenados por estímulos complejos y cambiantes, con significados y asociaciones afectivas fuertemente establecidas, como músicas e imágenes alegres o tristes, y no se ha visto afectada por estímulos sencillos carentes, por sí mismos, de un significado emotivo intenso.

Precisamente, para sistematizar la relación entre nuestros resultados y la componente emotiva de los estímulos usados, hemos confeccionado la Tabla 11. En esta tabla listamos los resultados clasificándolos en tres tipos:

- Emocionalmente congruentes: que reflejan la interacción positiva que aparece entre estímulos del mismo valor afectivo.
- Emocionalmente incongruentes: que reflejan la interacción negativa que aparece entre estímulos del mismo valor afectivo o la positiva entre estímulos de valor afectivo opuesto.
- Emocionalmente ambiguos: que no son interpretables fácilmente en relación a su valor afectivo.



**TABLA 11: LISTADO DE RESULTADOS EN RELACIÓN A SU CONGRUENCIA O INCONGRUENCIA EMOCIONAL**

**Resultados emocionalmente congruentes**

- Una textura desagradable desplaza el reconocimiento de colores hacia la frialdad.
- La música alegre ha desplazado el color preferido hacia la calidez.
- Las imágenes tristes desplazan el color preferido hacia la frialdad.
- La música disonante aumenta la percepción de amargor.
- Un olor agradable incrementa la sensación de dulzura y uno desagradable la disminuye.
- El olor agradable disminuye la percepción de amargor y el desagradable la aumenta.
- Un sabor dulce aumenta la percepción de dulzura en un perfume.
- Un sabor fresco aumenta la percepción de frescura en un perfume.
- La dulzura de un perfume se percibe mejor con imágenes dulces.
- La frescura de un perfume se percibe mejor con imágenes frescas.
- La “música rugosa” aumenta la irregularidad percibida en una superficie.
- Un olor desagradable aumenta la percepción de rugosidad en una superficie.
- Un sabor dulce aumenta la percepción de suavidad de una superficie.
- Las “imágenes rugosas” han aumentado la sensación de rugosidad en una superficie.

**Resultados emocionalmente incongruentes**

- Los olores desagradables desplazan el reconocimiento de un color hacia la calidez.
- Los sabores dulces desplazan el reconocimiento de un color hacia la frialdad.
- La música triste ha desplazado el color preferido hacia la calidez.
- Las imágenes alegres han desplazado el color preferido hacia la frialdad.
- Una textura fría disminuye la percepción de frescura de un perfume.
- Un olor agradable aumenta la percepción de rugosidad de una superficie.
- Un sabor amargo aumenta la percepción de suavidad de una superficie.

**Resultados emocionalmente ambiguos**

- Los sabores ácidos desplazan el reconocimiento de un color hacia la calidez.
- Un sabor fresco disminuye la percepción de dulzura en un perfume.
- Tocar un metal frío disminuye la percepción de dulzura en un perfume.
- La frescura de un perfume disminuye con imágenes dulces.
- La dulzura de un perfume aumenta con imágenes frescas.



A la vista de la tabla anterior podemos establecer que:

- Predominan las interacciones emocionalmente congruentes (14) sobre las emocionalmente incongruentes (7) y éstas sobre las ambiguas (5).
- En particular, en relación al significado emocional de los colores, podemos cuestionar su validez, ya que colores fríos o cálidos pueden ser preferidos, o no, en situaciones emocionalmente positivas o negativas. Definitivamente esta relación es más compleja que lo que el lenguaje cotidiano permite sostener.

Las respuestas mayoritariamente congruentes pueden entenderse a la luz de nuestras pasadas necesidades ecológicas que nos moldearon en la evolución. En situaciones de anticipación ante un peligro necesitamos que la coincidencia de pequeñas señales nos produzca una gran respuesta sensorial y, obviamente, emotiva: por ejemplo, el leve olor de un depredador junto con un crujido suave deben sensibilizar nuestra percepción y, por decirlo así, amplificarla.

Para las respuestas incongruentes podemos postular varios mecanismos:

- Competencia por la atención entre estímulos.
- Efectos inducidos por la complejidad estimular.
- Mecanismos de interacción neural negativa.
- Tendencia al equilibrio emocional (homeostasis emotiva) que puede provocar el preferir el estímulo opuesto o provocar la respuesta también opuesta.

Para el último grupo, resultados emocionalmente ambiguos, podemos pensar en la dificultad que hay para establecer una interpretación única y clara de relaciones de estímulos. Esta interpretación puede depender de la historia de aprendizajes personales que, a su vez, puede depender del bagaje de significados culturales adquirido y de nuestro entorno habitual: en nuestro medio cultural la relación entre la frescura y la dulzura puede no tener una definición clara y precisa. Quizás sí si predomina en nuestra memoria la relación entre refrescos frescos y dulces, pero esta asociación no deja de depender del contexto.



## **6. CONCLUSIONES**

1. Nuestra decisión inicial fue la de investigar en percepción y mecanismos inconscientes. Tenemos que decir que dedicamos casi cinco meses a intentar producir e investigar percepción subliminal sin éxito, por lo que decidimos cambiar la dirección de nuestra investigación y dirigirla a las interacciones sensoriales. Pero no fue tiempo perdido. Aprendimos que al trabajar con las personas y sus cerebros la propia complejidad del objeto de estudio lo invade todo y que se hace bastante difícil conseguir unos resultados mínimamente consistentes. Aprendimos a valorar más lo que finalmente hemos obtenido.

2. La interacción e integración multisensorial es un fenómeno muy complejo que puede implicar diferentes factores: naturaleza de los receptores sensoriales; interacciones entre diferentes informaciones sensoriales a nivel de circuitos cerebrales; influencia de procesos cognitivos superiores como atención, conciencia, expectativas, metas e intenciones; complejidad y poder evocador del estímulo; aspectos emocionales de esa evocación. Estos factores actúan en distintos planos de complejidad y con interacciones que pueden ser positivas o negativas; dirigidas hacia adelante o hacia atrás (retroalimentación); y, por último, procesadas en serie o en paralelo.

3. Nuestros resultados apoyan más la hipótesis de la integración sensorial que la hipótesis modular, según la cual cada sentido se procesa independientemente de los demás. Esta integración intermodal permite percibir el mundo como un todo formado por objetos definidos y no un torrente de informaciones sensoriales inconexas discurriendo en paralelo.

4. Nuestros resultados sugieren que es mayor el número de interacciones congruentes emocionalmente que incongruentes, aunque éstas existen. Creemos que los circuitos neuronales responsables del procesamiento simultáneo de señales sensoriales y de su contenido emocional han sido moldeados a lo largo de nuestra historia evolutiva con el objetivo de lograr una interacción con el ambiente que maximice nuestras posibilidades de supervivencia.



## **7. BIBLIOGRAFÍA**

Alais, D. Newell, F. N. y Mamassian P.: *Multisensory processing in review: from Physiology to behavior*, Seeing and Perceiving, 23: 3-38, 2010.

Araujo, I. E. y Simon, S. A.: *The gustatory cortex and multisensory integration*, International Journal of Obesity, 33: S34-S43, 2009.

Cappe, C., Rouiller, E.M. y Barone, P.: *Multisensory anatomical pathways*, Hearing Research, 258, 28-36, 2009.

Delviche, J.: *The impact of perceptual interactions of perceived flavor*, Food Quality and Preference, 15: 137-146, 2004.

Driver, J. y Toemme, N.: *Multisensory interplay reveals crossmodal influences on "Sensory-specific" brain regions, neural responses and judgments*, Neuron Review, 12.013, 2007.

Frank, R. A., Van der Klaauw, N. J. y Schifferstein, H.: *Both perceptual and conceptual factors influence taste-odor and taste-taste interactions*, Perception & Psychophysics, 54 (3): 343-354, 1999.

Gallace, A. y Spence, C.: *The cognitive and neural correlates of "tactile consciousness", a multisensory perspective*, Consciousness and Cognition, 17: 370-407, 2008.

Graziano, M. S. A. y Gandhi, S.: *Location of the polysensory zone in the precentral gyrus of anesthetized monkeys*, Experimental Brain Research, 135: 259-266, 2000.

Jones, J. y Callan, D.: *Brain activity during audiovisual speech perception: An fMRI study of the McGurk effect*, Cognitive Neuroscience and Neuropsychology, Vol. 14-Issue 8-pp. 1129-1133, 2003.

King, A. y Calvert, G.: *Multisensory integration: perceptual grouping by eye and ear*, Current Biology, 11: R322-R325, 2001.

Lawless, H. y Heymann, H.: *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*, Springer Ed., 2010 (disponible en Google libros).



Lederman, S. J. y Klatzky, R. L.: *Multisensory texture perception*, The Handbook of Multisensory Processes. Cambridge: MIT Press, 2004.

Ma, W. J. y Pouget, A.: *Linking neurons to behavior in multisensory perception: a computational review*, Brain Research, 1242: 4-12, 2008.

Maier, J. X. y Groh, J. M.: *Multisensory guidance of orienting behavior*, Hearing Research, 258: 106-112, 2009.

Martínez, M.R. et al.: *Psicología Matemática II*, Vol. I, cap. 7. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, 1991.

Naumer, M. J. y Van den Bosch, J. F.: *Touching sounds, thalamocortical plasticity and the neural basis of multisensory integration*, Journal of Neurophysiology, 102: 7-8, 2009.

Pennartz, C.: *Identification and integration of sensory modalities: neural basis and relation to consciousness*, Consciousness and Cognition, 18: 718-739, 2009.

Seitz, A., Kim, R. y Shams, L.: *Sound facilitates visual learning*, Current Biology 16, 1422-1427, 2006.

Shams, L., Kamitani, Y. y Shimojo, S.: *Visual illusion induced by sound*, Cognitive Brain Research, 14: 147-152, 2002.

Shepherd, G.: *Neurobiología*, Editorial Labor, Barcelona, 1990.

Stein, B. E., Stanford, T. R. y Rowland, B. A.: *The neural basis of multisensory integration in the midbrain: Its organization and maturation*, Hearing Research, 258, 4-15, 2009.

Stevenson, R. J., Prescott, J. y Boakes, R.A.: *Confusing tastes and smells: how odours can influence the perception of sweet and sour tastes*, Chemical Senses, 24: 627-635, 1999.

Talma, D., Senkowski, D., Soto-Farco, S. y Woldorff M. G.: *The multifaceted interplay between attention and multisensory integration*, Trends in Cognitive Sciences, 14: 400-410, 2010.



Wriht, T. M., Pelphrey, K. A., Allison, T., McKeown, J. y McCarthy, G.: *Polysensory interactions along lateral temporal regions evoked by audiovisual speech*, *Cerebral Cortex*, 13: 1034-1043, 2003.

## **8. WEBGRAFÍA**

Álvarez, N.: El valor de la publicidad sensorial, 2008, publicado en Internet [en el siguiente enlace](#).

Bosch, M.: Viendo sonidos y oyendo imágenes: integración multisensorial, 2007, publicado en Internet [en el siguiente enlace](#).

Burtoni, M y Kagan, C, 2007: *Psychologists and torture: more than a question of interrogation*, Manchester Metropolitan University, 2007, publicado en Internet [en el siguiente enlace](#).

[El País, 20-12-2011.](#)

[El País, 13-4-2011.](#)

Fisiología del olfato y del gusto: [en el siguiente enlace](#).

Fundación ONCE: inauguración de una sala multisensorial para niños discapacitados, publicado en Internet [en el siguiente enlace](#).

García, F.: Gusto y olfato, de la supervivencia al placer, 2004, publicado en Internet [en el siguiente enlace](#).

McGurk effect: vídeo explicativo [en el siguiente enlace](#).

Multimodal integration: [en el siguiente enlace](#).

[SID, 27-10-2005.](#)

Shams, L. y Seitz, A.: *Benefits of multisensory learning*, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. xxx, No. X, 2008, publicado en Internet [en el siguiente enlace](#).

Slow Food: *A los orígenes del gusto*, 2010, publicado en Internet [en el siguiente enlace](#).



“tres14”, programa de divulgación científica de RTVE: relación entre enología, gastronomía y música. Intervenciones de Jaume Gramona y Pep Palau, en Internet [en el siguiente enlace](#).

## **AGRADECIMIENTOS**

La primera idea de nuestra investigación nos la sugirió Francisco José López Gutiérrez, doctor en Psicología y profesor de la Universidad de Málaga, contándonos los espectaculares experimentos del psicólogo social John Bargh sobre reacciones inconscientes en contextos sociales. Intentamos diseñar experimentos similares, pero no fuimos capaces por lo que optamos por trabajar con percepción subliminal, el fenómeno inconsciente por definición. En el diseño de estos experimentos colaboró Miguel Ángel Galeote Moreno, doctor en Psicología y profesor de la Universidad de Málaga, facilitándonos material sobre asociaciones lingüísticas inconscientes en relación a los trastornos alimentarios, uno de los apartados en los que queríamos trabajar desde un punto de vista subliminal. Aunque finalmente tuvimos que abandonar esta línea de investigación, queremos expresar igualmente nuestro agradecimiento a ambos.

Otra gran ayuda en esa primera fase de la investigación nos la ofreció Juan Román Gutiérrez Palacios, profesor de Electrónica en el IES Bezmiliana y especialista en edición de vídeos, que dio finalmente, tras una larga búsqueda, con la difícil tecla de preparar vídeos con estímulos subliminales de duraciones en torno a los 10 ms.

Dentro ya del presente trabajo, ha sido fundamental la aportación de Antonio Pedrosa Jódar, profesor de Informática en el IES Bezmiliana, que nos preparó el programa informático que llamamos “Paleta” para generar las gamas de colores que nos permitieron realizar los dos primeros experimentos. Tan fundamental como la ayuda que recibimos de los profesores del IES Bezmiliana Montserrat Wagner González y Ángel Gabriel Ávila Jiménez que nos ayudaron a encontrar músicas dulces o frescas, algo que no es tan sencillo como puede parecer. No se nos puede olvidar José Manuel López Benítez, también profesor



del IES Bezmiliana, que nos estuvo ayudando durante la compleja realización de los experimentos. Por último, en relación a nuestro Instituto, hacer constar también nuestro agradecimiento a todo el Equipo Directivo que siempre nos facilitó nuestra tarea.

Los neurólogos Antonio Cruz Culebras y Rocío Vera Lechuga, ambos del Hospital Universitario Ramón y Cajal de Madrid, nos han ayudado localizándonos bibliografía especializada.

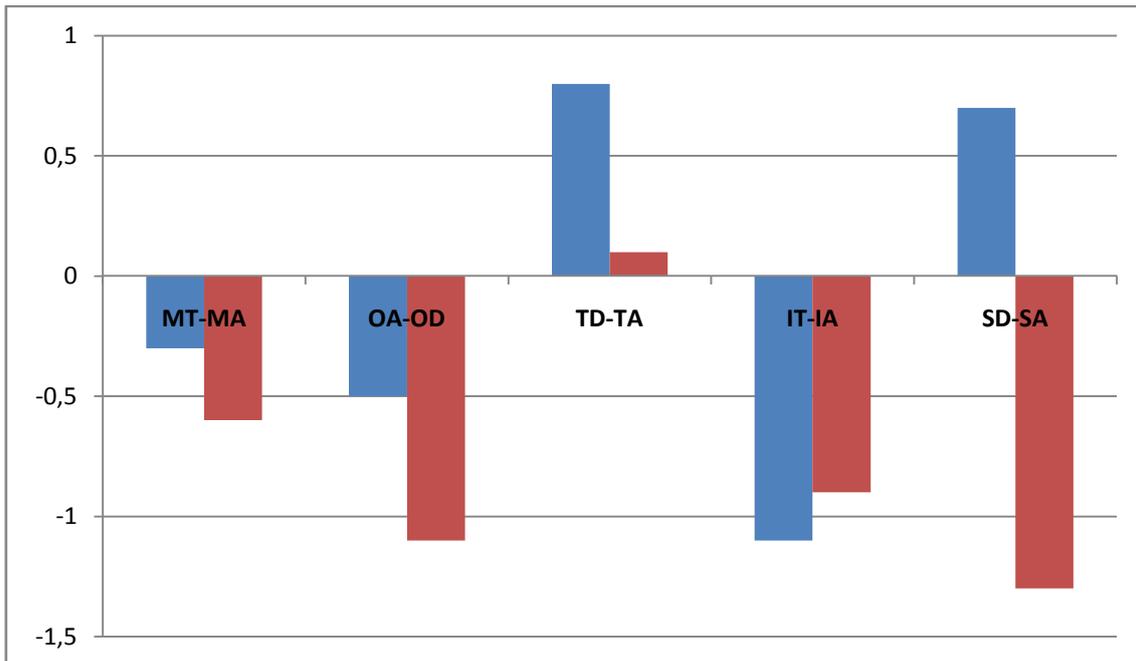
La doctora en Psicología y profesora de la Universidad de Málaga Alicia Eva López Martínez nos ha ayudado con los análisis estadísticos y también nos aportó bibliografía especializada.

Finalmente este trabajo ha sido posible gracias a nuestros sujetos experimentales, el alumnado de los grupos 1BCN y 1BCT del IES Bezmiliana, ¡muchas gracias por vuestra ayuda y vuestro interés en los experimentos!

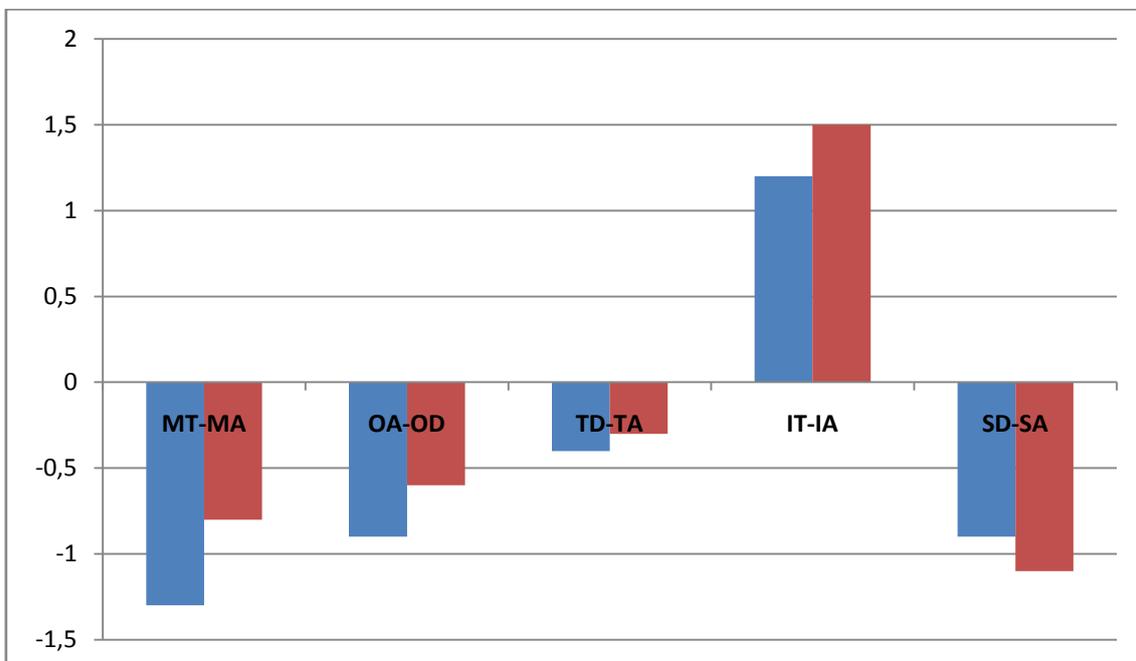
## **ANEXO I: Gráficas de los resultados experimentales**

Vamos a representar gráficamente los resultados experimentales tomando los correspondientes controles como línea base. Así, una puntuación de cero indica la misma puntuación que el grupo de control, un valor positivo significa un aumento de la propiedad evaluada respecto al control y un valor negativo una disminución. Esto nos ayudará a tener una idea de conjunto de todos los efectos medidos, dentro de cada modalidad sensorial, sin tener en cuenta la puntuación de partida en ausencia de tratamiento (grupo de control).

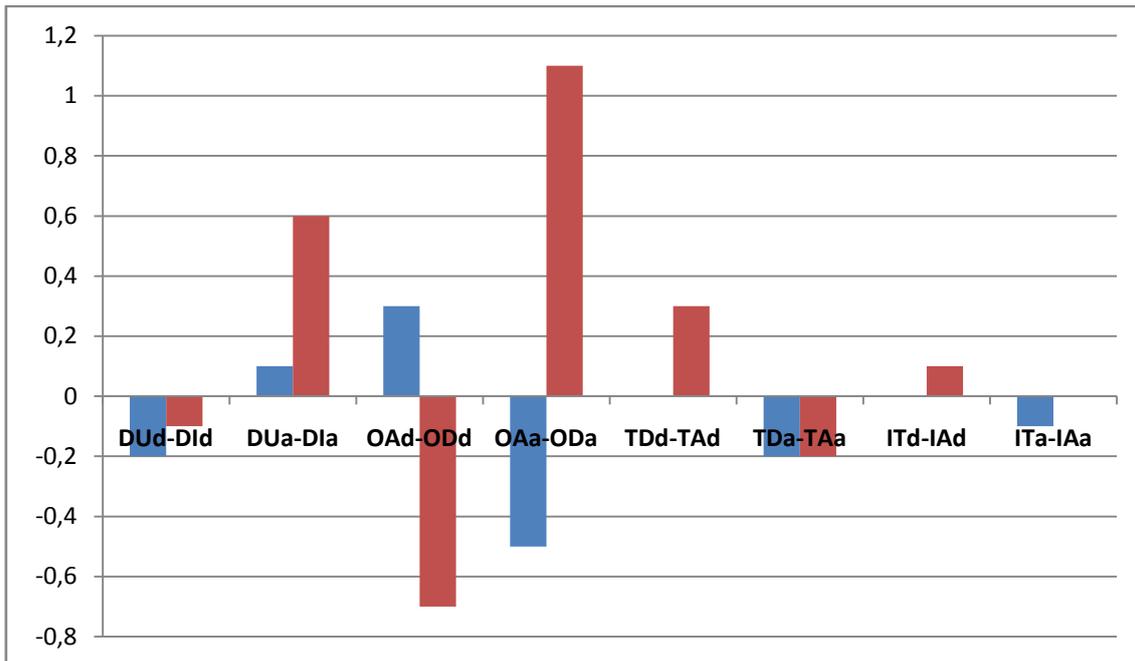
Los códigos usados para marcar los ensayos son los mismos ya usados en la exposición del trabajo. El significado de las puntuaciones también ha sido explicado previamente. Se representan el conjunto de nuestros datos aunque hay que recordar que no todos son estadísticamente significativos. Para distinguir los estadísticamente significativos de los que no lo son hay que consultar el apartado de resultados de la exposición del trabajo.



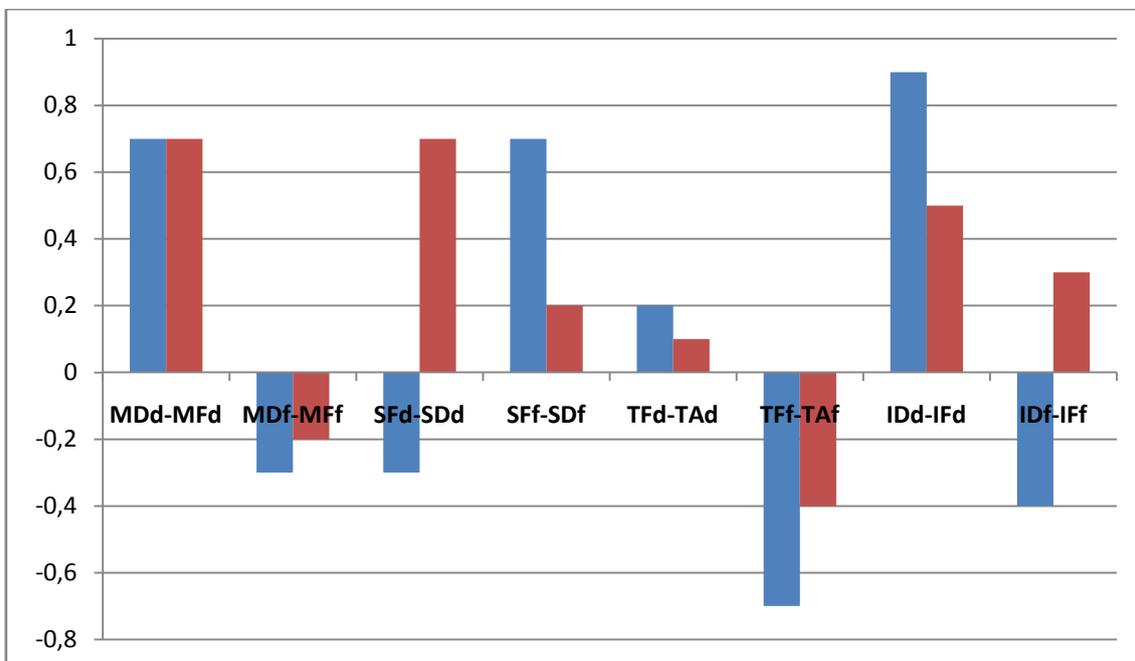
Gráfica 1: desplazamientos en los colores percibidos en el experimento 1, respecto los diferentes grupos de control, en función de las condiciones experimentales. Los códigos de los ensayos son los mismos ya mostrados en las tablas de datos.



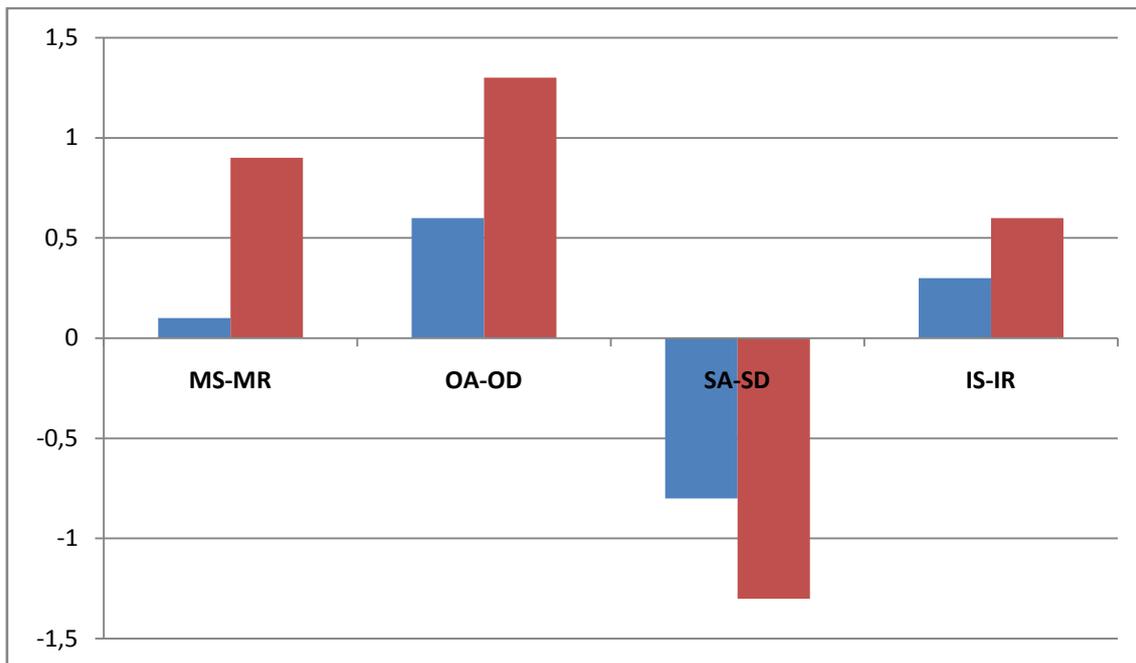
Gráfica 2: desplazamientos en los colores elegidos en el experimento 2, respecto los diferentes grupos de control, en función de las condiciones experimentales. Los códigos de los ensayos son los mismos ya mostrados en las tablas de datos.



**Gráfica 3:** desplazamientos en los sabores percibidos en el experimento 3, respecto los diferentes grupos de control, en función de las condiciones experimentales. Los códigos de los ensayos son los mismos ya mostrados en las tablas de datos.



**Gráfica 4:** desplazamientos en los olores percibidos en el experimento 4, respecto los diferentes grupos de control, en función de las condiciones experimentales. Los códigos de los ensayos son los mismos ya mostrados en las tablas de datos.



**Gráfica 5: desplazamientos en la rugosidad percibida de una textura en el experimento 5, respecto los diferentes grupos de control, en función de las condiciones experimentales. Los códigos de los ensayos son los mismos ya mostrados en las tablas de datos.**