

[CS2002]

**Sesiones  
plenarias**

# De los mecanismos de la percepción a la evaluación sensorial. Un futuro lleno de sentidos

*Juan Cacho Palomar*

Departamento de Química Analítica  
Grupo de Cromatografía, Laboratorio de Aroma y Enología  
Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza

---

Desde siempre la humanidad ha sido curiosa y ha ido almacenando en su memoria una serie de hechos y sensaciones que le han permitido comparar una determinada observación con la imagen predeterminada que ya poseía y a partir de esa comparación tomar decisiones. Esta capacidad, que empleamos continuamente en la vida ordinaria, por ejemplo cuando decimos este niño ha crecido, este paisaje ha cambiado, este pastel está más dulce y que no le damos importancia, sí que la tiene, y una importancia capital en el desarrollo de las ciencias experimentales. En efecto, la observación de los fenómenos naturales o provocados, las reacciones químicas, el comportamiento de la materia en general bajo determinados tratamientos, siempre ha aumentado el conocimiento, planteando interrogantes y sacando conclusiones prácticas. Los interrogantes son siempre similares: ¿por qué ocurre esto? ¿Ocurriría lo mismo si cambiasen las condiciones? En caso negativo, ¿a qué se debe? Y, por supuesto, la omnipresente pregunta, ¿para qué sirve? En muchos casos no hay contestación a la primera pregunta pero sí para la última, lo que supone que el fenómeno se aprovecha sin que se conozca la base científica que lo rige. También es normal que se trabaje ampliamente para mejorar la aplicabilidad y, sólo después de mucho tiempo, se conozca el porqué de los hechos.

Esto ha ocurrido en todas las ramas de la ciencia y como consecuencia del aumento de conocimientos han ido naciendo las diversas áreas de conocimiento. La química en general y la química analítica (mi especialidad), en particular, están llenas de ejemplos. Uno de los clásicos es la extracción líquido-líquido, es decir, el paso de una sustancia desde una disolución a otro líquido inmiscible con ella. El fenómeno se conocía y

aplicaba desde 1850 pero hasta el año 1949 no se desarrollaron las ecuaciones que regían el proceso.

La utilización de la percepción sensorial fue una constante en la química analítica clásica y todo el análisis cualitativo estuvo basado en la aparición de turbideces y colores que percibíamos por el sentido de la vista y por el desprendimiento de vapores, cuyo olor caracterizaba un elemento o compuesto. Todavía a día de hoy cuando en el cine o en la televisión se muestra un laboratorio químico, lo que se ve son recipientes de vidrio transparentes con líquidos coloreados y, si se busca un cierto impacto, además desprendiendo vapores densos, generalmente blancos. Es decir que en esta rama de la ciencia la percepción sensorial, a través de los sentidos de la vista y el olfato, ha jugado y juega un papel importantísimo.

Otro aspecto importante es la conjunción del análisis instrumental con los sentidos. Me refiero con esto a la cromatografía de gases con detección sensorial humana, a la cromatografía de gases de productos odoríferos, es decir, a la olfatometría. En esta técnica, después de la introducción de los analitos en una columna capilar, una persona huele continuamente los eluidos e indica el tiempo en el que abandonan la columna cromatográfica las sustancias que huelen, la intensidad del olor y la descripción del mismo. Además, como el sentido del olfato permite discernir una mezcla de dos olores distintos, dos sustancias que coeluyan y que huelen de forma distinta serán diferenciadas por el operador, es decir, diferenciará con su sentido lo que no se ha conseguido con la instrumentación. Por otra parte, la sensibilidad del olfato es mucho mayor que la de un detector electrométrico.

Esta técnica es básica en el análisis de aromas de otros compuestos que huelen, pero presenta una limi-

tación con relación a la detección tradicional electro-métrica. La respuesta sensorial es diferente y todavía no hay una teoría completa sobre la percepción que nos permita obtener más información de la sensación recibida por el sentido del olfato. Es decir, no podemos avanzar más con esta técnica por carecer de una base científica que corresponde a otra disciplina. Únicamente utilizamos el sentido del olfato como una herramienta.

Pero, donde la percepción sensorial desempeña un papel decisivo es en la caracterización y evaluación de alimentos, ya que en este caso no solamente intervienen los cinco sentidos, sino que también interviene el factor afectivo, esto es, aceptación o rechazo. Con la vista percibimos el color, forma, textura, frescura de los alimentos, con el oído su crujir, con el olfato su olor o aroma, con el gusto los cuatro o cinco sabores elementales y si consideramos la sensación percibida vía retronasal, el gusto del alimento y por último con el tacto la sensación de dureza o blandura, rugosidad y temperatura. El factor afectivo se resume en «me gusta» o «no me gusta». La evaluación de ese conjunto de sensaciones es el patrimonio de la ciencia sensorial. Para llegar a ser tal, fue necesario medir y regular las sensaciones, definiendo umbrales, estableciendo tests y escalas, y recurriendo al tratamiento estadístico para interpretar el significado de los datos incluyendo, por supuesto, su impacto hedónico.

Consecuencia de todo esto es la definición de evaluación sensorial como una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones humanas a aquellas características de los alimentos y materiales que son percibidos a través de los sentidos de la vista, oído, olfato, gusto y tacto.

La ciencia sensorial es, por tanto, una ciencia interdisciplinaria que une disciplinas científicas y tecnológicas interesadas en la recepción sensorial y en los procesos implicados en la percepción e integración de los estímulos sensoriales. Como en cualquier ciencia interdisciplinaria es difícil identificar todos los fenómenos, métodos y tecnologías que debería tratar, pero no hay duda que hay que incluir en ella aspectos básicos, como el estudio de los mecanismos sensoriales que permiten la detección y transducción de la información recogida por los sentidos desde el entorno, las representaciones perceptivas que se forman a nivel central, y los aspectos aplicados como el análisis sensorial y la identificación química analítica de los componentes que originan la sensación. También intervienen los aspectos tecnológicos, como la ingeniería industrial y, por supuesto, disciplinas teóricas, como el desarrollo de modelos computacionales de procesamiento sensorial.

Todo esto se podría sintetizar en una pirámide de base cuadrada, en cuyo vértice figuraría la ciencia sen-

sorial y en los cuatro vértices de la base la neurofisiología, la psicología, la ingeniería (computacional) y la química analítica.

Durante los últimos 20 años, las ciencias sensoriales han disfrutado de un período de expansión extraordinario y el conocimiento, los métodos y las aplicaciones de las ciencias sensoriales han llegado a un nivel de excelencia. Sin embargo, últimamente se percibe, estamos en ciencias sensoriales, una preocupación por el futuro y se pone en duda su desarrollo si se continúa por el mismo camino que se ha seguido. Artículos con títulos tan sugerentes como «Análisis descriptivo de olores complejos: realidad, modelo o ilusión» de Harry T. Lawlers o «¿Dónde está la ciencia en lo sensorial?» de David S. Lundahl o incluso «El análisis de mezclas de olores por los humanos: evidencia de un proceso configuracional» de Jinks y D.G. Laing ponen el dedo en la llaga indicando las lagunas en el conocimiento y la falta de unión entre las diferentes disciplinas que conforman la ciencia sensorial.

Críticamente y de forma provocadora, se indica que aunque se haya aumentado el control de los estímulos, esto se debe al empleo de métodos computerizados y automáticos. Asimismo, la mayoría de los métodos estandarizados de evaluación sensorial no se han cambiado en los últimos 30 años y tampoco lo han hecho los tests básicos de diferencias y las escalas hedónicas. Así, la escala hedónica de 9 puntos se desarrolló en los años cincuenta.

El análisis de la varianza, desarrollado entre los años cuarenta y cincuenta, continúa siendo el preponderante en el análisis de los datos sensoriales. Las técnicas multivariantes, incluyendo el análisis de componentes principales, análisis factorial y el análisis clúster, se desarrollaron entre los años cincuenta y sesenta, y técnicas multivariantes más modernas como análisis Procruster y el de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS) se publicaron hace más de 30 años. Es decir, las técnicas de computación que actualmente se emplean de forma masiva no son nada novedosas. Igual que con el control del estímulo sensorial, la tecnología ha hecho fácil automatizar y ejecutar análisis de datos complejos. En lugar de hitos, de rupturas, de saltos hacia delante, se ha experimentado mucho pero los avances que se han conseguido han sido mínimos.

Estas reflexiones se resumen en la pregunta de si se ha llegado al límite del conocimiento o si estamos vislumbrando el final del camino de la ciencia sensorial.

Creemos que esto no es así, sino que ha habido una cierta incomunicación entre las ciencias pilares anteriormente reseñadas y la sensorial. Las ciencias cognitivas están mucho más estructuradas que las sensoriales, que tienen una visión muy cerrada y ese molde las mantiene aisladas.

La sociedad demanda continuamente avances (el ejemplo lo tenemos en la genómica y en la proteómica) en ciertas ciencias, como bioquímica, biofísica, psicología, estadística, pero no lo demanda en ciencias sensoriales. En consecuencia, los avances conseguidos en estas ciencias no llegan puntualmente, por desconocimiento, a las sensoriales y tampoco ninguna ciencia le exige a la sensorial que avance porque necesita sus logros.

A día de hoy pensamos que hay que romper el molde de la incomunicación. Debe establecerse un nuevo diálogo entre las distintas disciplinas de que hablamos, entre la industria y los grupos de investigación, para que conociendo las necesidades se puedan seguir nuevos caminos innovadores, tanto en el aspecto básico como en el aplicado.

Con este objetivo el I Encuentro de Ciencias Sensoriales y de la Percepción ha pretendido reunir a un grupo de expertos de distintas disciplinas y procedencias académicas y profesionales, cuya participación en las discusiones tras las mesas redondas tiene que aportar una visión de conjunto que permita complementar los conocimientos a los no especialistas en los temas de las sesiones. Por esta razón hay mesas redondas aparentemente muy dispares, aunque siempre relacionadas, y a los ponentes se les ha rogado encarecidamente que sintetizen al máximo los conocimientos que expongan, ya que los protagonistas del Encuentro vamos a ser todos.

Como último punto, quiero referirme a la ciudad de Barcelona. La resaca de los recordados y fantásticos Juegos Olímpicos de 1992 parecía que llevaba a una pérdida de ritmo en su proyección, que los barcelone-

ses se habían parado a disfrutar de la magnífica transformación urbana que tal evento supuso. Pero eso fue simplemente una apariencia, una ilusión. Barcelona viene trabajando en los últimos años con instrumentos parecidos a los de los noventa para proyectarse en la próxima década como Ciudad del Conocimiento. Se trata, en definitiva, de buscar el mismo liderazgo que alcanzó hace 100 años con la revolución industrial, pero ahora con la revolución digital. Un ejemplo de ello es el ambicioso proyecto de recuperación del barrio industrial de Poble Nou, mediante una delimitación exclusiva para actividades relacionadas con la ciencia, la tecnología y la cultura. Esto es, con la gestión del conocimiento.

Con estas premisas de trabajo, con ilusión y con paso firme, se está preparando para el año 2004, el año del Forum de las Culturas. Esperamos que para entonces quienes trabajamos en ciencias sensoriales podamos acudir con ponencias interdisciplinarias que estén a la altura de tal evento, y que las ciencias sensoriales estén integradas ya en las cognitivas.

Dos de los aspectos más importantes a los que continuamente me he estado refiriendo en mi intervención y que pertenecen a dos áreas de conocimiento diferentes son la evaluación sensorial tomando el vino como ejemplo de un producto muy difícil de describir, y los avances neurobiológicos relativos a las percepciones del olfato y del gusto, que en el CS2002 han sido tratados, respectivamente, por la Dra. Ann C. Noble, de la Universidad de California, Davis, y por el Dr. André Holley, del Centro Europeo de las Ciencias del Gusto, en Dijon.

# Advances in sensory analysis: new challenges to the wine industry

Ann C. Noble

Prof. Enology, Department of Viticulture and Enology  
University of California, Davis, USA

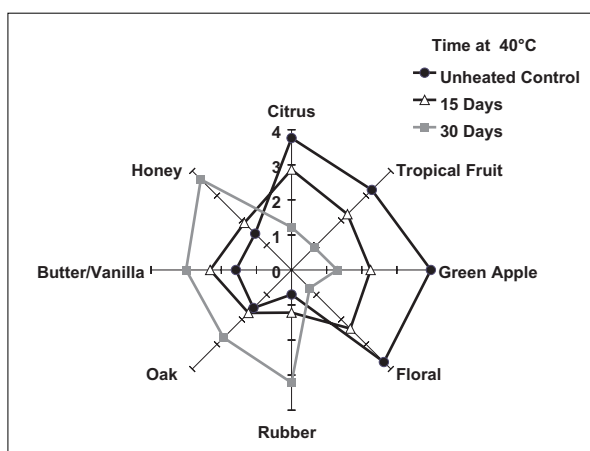
Implicit in the desire for determining «wine quality» is the assumption that some inherent properties of the wine can be universally perceived. However, perception of quality is based on a composite response to the sensory properties of wine, which is influenced by one's expectations for a given wine type. In turn one's expectations are determined by previous experience *and* individual preferences. Thus subjective quality evaluations by experts are not consistent nor can they predict consumer acceptance since consumers also vary in their preferences. Experts have different concepts of quality; for example, some rate strongly oaked wines very highly and others assign higher scores to wines with only low levels of oak flavors. Despite the differences among expert's wine recommendations, many consumers are strongly influenced by these expert quality scores for a variety of reasons. The mystique associated with wine results in some consumers being intimidated because they don't know much about wine. With so many wines from which to choose, many wine buyers use expert's ratings in making purchase decisions.

Before 1970, sensory evaluation of wines, similar to that of butter, milk or cheese, was always performed using a «quality scorecard». The Davis 20 point scorecard was developed for evaluating the quality of wines made from grape varieties grown in different climatic regions in California. Although the scorecard served as a training tool, forcing judges to examine the same features in each wine, it focussed less on «quality» than on freedom from defects.

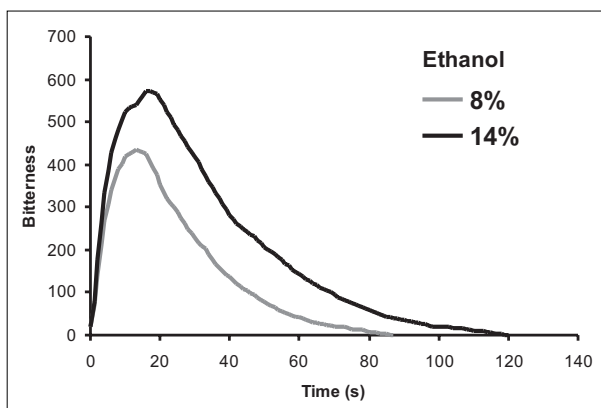
In contrast to the subjective approach of rating quality, sensory evaluation is a scientific discipline used to quantify, analyze and interpret reactions to those characteristics of foods, beverages or other products as

they are perceived by the senses of sight, smell, taste, and touch. The analytical method of descriptive analysis (4) provides objective profiles of wine flavor which permits precise measurement of the effects of viticultural or enological effects on wine flavor. For example, to evaluate the effect of storage at 40 °C of Chardonnay wines, trained judges rated the intensity of terms selected to describe the wines being studied. The resulting aroma profiles showed that the intensity of floral, tropical fruit and green apple aromas decreased by 20 % after the bottles were heated for 15 days (figure 1).<sup>1</sup> After storage for 30 days at this elevated temperature, the fruity notes were reduced by 50 to 70 % of the unheated wine.

To determine how changes in wine composition affect bitterness or astringency, both of which are persistent



**Figure 1** Aroma profiles of unheated and heated Chardonnay wines. The center of the figure represents low intensity with the distance from the center to the intensity rating corresponding to the intensity of the attribute. The ratings for each wine are connected by a line to show the profiles<sup>1</sup>



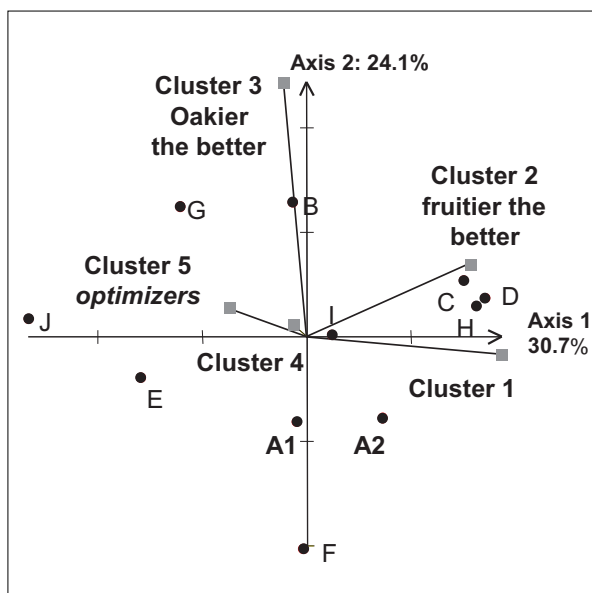
**Figure 2** Average intensity of bitterness over time for white wine with 8 and 14 % ethanol<sup>2</sup>

sensations, the method of «time-intensity analysis» (T-I) is used in which trained judges continuously rate the intensity of a sensation... For example, in figure 2 where bitterness ratings over time are shown, the intensity and duration of bitterness is much higher in a wine with 14 % ethanol than one with 8 % ethanol.<sup>2</sup>

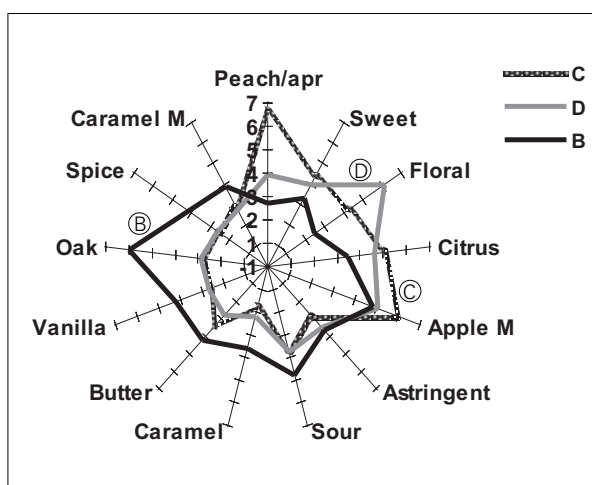
Although sensory methods such as descriptive analysis and time-intensity analysis permit precise measurements of differences in wine flavor whether due to region in which the grapes were grown or due to variation in viticultural or enological treatments, neither can provide an overall impression of wine flavor nor predict which wine a consumer will prefer. The only way to determine whether the Chardonnay heated for 15 days was less acceptable than the unheated Chardonnay would be to conduct preference tests using typical target consumers.

When preference ratings for wines are determined for a large number of consumers, the responses can be analyzed to reveal different market segments. The sensory profiles of the wines preferred by each segment can then be interpreted from descriptive analysis of the wines using «preference mapping techniques».<sup>3</sup> For example, inexpensive California Chardonnay wines were profiled by descriptive analysis<sup>4</sup> and later 125 consumers rated preferences for the wines.<sup>5,6</sup> As shown in figure 3, five market segments or clusters were identified.<sup>6</sup> The profiles for 3 of the wines shown in figure 4, reveal that cluster 2 preferred wines C and D, which were highly fruity wines with little oak, whereas cluster 3 preferred Chardonnays which were high in oakiness and low in fruity characters.

While making fine wine is the goal of every winemaker, marketing wine successfully depends on many factors other than viticulture and enology, and on more than the flavor of the wine... In Yegge's study, it was shown that factors other than the flavor of the wines, such as price, image, label appearance and brand,



**Figure 3** Preference map showing the direction of preference for 5 market segments, identified by cluster analysis of 125 consumers preference ratings<sup>5</sup>



**Figure 4** Aroma profiles of 3 Chardonnay wines<sup>6</sup>

strongly influenced consumers purchasing behavior. In fact, one market segment was more strongly influenced by the brand than the flavor.<sup>6</sup>

Sensory evaluation techniques, such as preference tests, consumer surveys and descriptive analysis, can provide insight into what consumers want and which factors most influence their preferences and willingness to buy wines. Using these approaches, far more informed winemaking decisions can be made and effective marketing plans can be implemented. The challenge to the fields of sensory evaluation and marketing and to the wine industry is to use these methods not only to improve winemaking of inexpensive wines, but also of premium ones and to communicate with wine consumers.

---

## References

1. De la Presa Owens C., Noble A.C.: «Effect of storage at elevated temperatures on aroma of Chardonnay wines», *Am J Enol Vitic* 1997; 48: 310-316.
2. Fischer U., Boulton R.B., Noble A.C.: «Physiological factors contributing to the variability of sensory assessments: Relationship between salivary flow rate and temporal perception of gustatory stimuli», *Food Qual Pref* 1994; 5: 55-64.
3. Schlich P.: «Preference Mapping: Relating consumer preferences to sensory or instrumental measurements», In: Bioflavour '95. P. Etievant and P. Schreier (eds.), INRA Editions, Paris, 1995: 135-150.
4. Stone H., Sidel J., Oliver S., Woolsey A., Singleton R.C.: «Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis», *Food Technol* 1974; 28: 24-34.
5. Yegge J.M.: «Identification of sensory and non-sensory attributes of Californian Chardonnay wines that influence acceptance and purchase intent», Ph.D., University of California, 2000.
6. Yegge J.M., Noble A.C.: «Identification of sensory and non-sensory attributes of Californian Chardonnay wines that influence acceptance and purchase intent for differing segments of consumers», In: Seattle, WA, ASEV 50th Anniversary Annual meeting (ed.), *Am Soc Vitic Enol (Davis, CA)* 2001: 28-31.

# Recent progress in the neurobiological approach to smell and taste perception

*André Holley*

Centre des Sciences du Goût  
Université de Bourgogne, Dijon, France

---

**T**here has been an increasing number of studies devoted to chemical senses, although an especially active and successful approach of olfaction and taste has been the biological approach of the recent years.

We should adopt a historical perspective to understand the evolution of the knowledge about the functions of smell and taste sensory systems, as they were first understood mainly from electrophysiological studies around the end of the eighties. Those years saw a number of debates among neurobiologists regarding chemical stimulus reception and involving their views on the neural basis of odor and taste coding. It is of great use to contrast these views and ideas with those which emerged during the last decade, mainly in connection with the considerable development of molecular studies that lead to a better understanding of chemical receptors. First, odor receptors and, more recently, taste receptors.

## **Olfaction and taste before 1990**

### *The olfactory system*

Before 1990, most of the experimental data relevant to the question of stimulus reception by olfactory cells had been obtained by means of electrophysiological methods. Our research in Lyon devoted a lot of time collecting electrical responses of single receptor cells stimulated by chemically pure odorants. The method consisted in introducing a fine microelectrode into the olfactory epithelium of an animal, most often a frog, and trying to record the neural activity of a single receptor cell before, during, and after odor stimulation.

The olfactory epithelium contains three categories of cells: *a*) receptor cells, neurons that send their axons to the olfactory nerve and project to the olfactory bulb; *b*)

sustentacular cells and *c*) basal cells. The latter category is important for replacing damaged receptor cells. In the experiment, the discharge rate of a receptor cell during odor delivery was compared to the rate in absence of odor stimulation. It was found that the cell responded or not to the delivered stimulus. Then another pure odorant was delivered and the response was again recorded. Considering the data obtained from a number of receptor cells, it was possible to see that some odorants tended to stimulate a subset of common receptor cells. It was observed that some neurons were poorly selective, since they were activated by a majority of the odorants and others were more narrowly selective, but most of them had an intermediate selectivity.

From the studies we performed during the eighties was implicit, although not yet proved, that receptor cells were equipped with receptor molecules –which were supposed to be proteins– and that receptor cell responses resulted from the activation of these receptors. A striking characteristic of some of our findings was that receptor cells had extremely varied response profiles, thus they did not fall into clear-cut classes. Unfortunately, the method of investigation could not provide us with a clear interpretation of findings. What we observed indicated a low selectivity of these cells but we could not determine the reason for that. We had no experimental indication allowing us to choose between two alternative possibilities: *a*) a given cell expressed one and only one type of receptor molecules, and this receptor was broadly selective, or *b*) a cell expressed several types of receptor molecules with different sensitivity spectra and these receptors could be rather selective.

In spite of this uncertainty, those findings provided us with arguments for understanding the neural code used by the olfactory system to represent odors in the olfactory

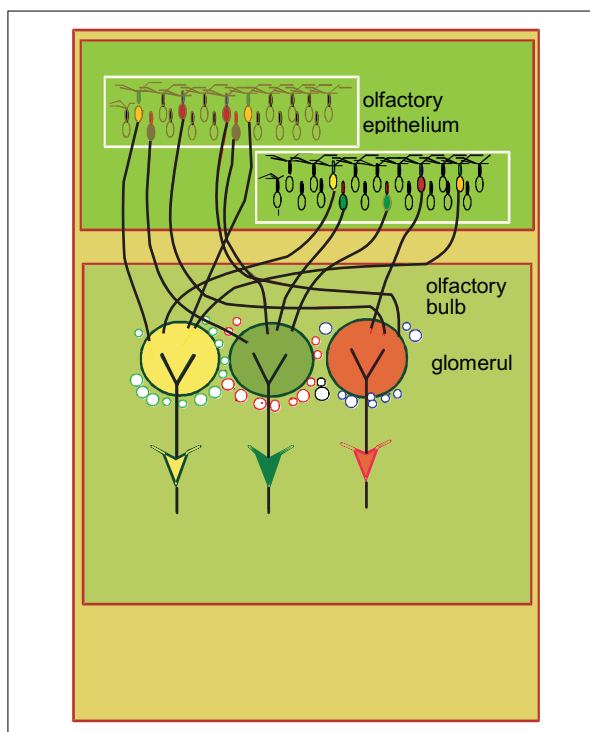
epithelium. For example, it was no longer possible to imagine that an odor was represented by the activation of a specific class of olfactory receptors, a view expressed as the *labeled line theory*. Instead, it was necessary to assume that a given odor was encoded by a combination, a pattern, of non-selective receptor cells. This was termed the *patterning hypothesis* or *across fiber pattern hypothesis*.

Also, the electrophysiological findings had further consequences regarding the question of odor classification. Many attempts to distribute odors in a limited number of classes had been made in the past, but these attempts were not satisfactory for several reasons. During the seventies, a classification based in a small number of so called *primary odors* that were supposed to combine in order to evoke the large diversity of odor qualities was rather popular. However, experimental data from electrical recordings of receptor cell responses were not at all in agreement with the notion of a limited number of primary qualities based on receptor properties. The concept of primary odors was generally abandoned and replaced with a view according to which the olfactory space was more like a continuum.

When the different facts and assumptions regarding receptor cell properties were put together, the notion that emerged was that an odor was represented in the olfactory mucosa and the olfactory nerve as a combination of active receptor cells. This combination was a kind of map also called a peripheral olfactory image. Each odor was characterized by a specific image. Some authors used the expression of spatial coding to express the fact that an odor was represented as a spatially distributed pattern of activated neurons. In their studies of the olfactory system, neurobiologists also attempted to understand the functional organization of the system by means of studies involving the spatial dimension of the neural representation of odors in the olfactory bulb. Keeping in mind that an odor was thought to be coded as a combination of activated receptors cells, several influent works were devoted to explore the neural traces of this combination in the olfactory bulb.

The focus of that research was placed on glomeruli. As shown in figure 1, glomeruli are small spherical structures in which receptor cell axons make synapses with second order neurons called mitral cells (fig. 1).

Biologists used a method aimed at revealing the activity induced in the olfactory bulb by an odor stimulation. This method utilized the property of 2-deoxyglucose (2-DG), a metabolic analog of glucose, to be taken up by olfactory bulb cells as a function of their activity. Using injections of radioactive 2-DG in experimental animals (mainly rats) stimulated for several minutes by a specified odorants, several group of experimenters, in the US and in Lyon, could observe

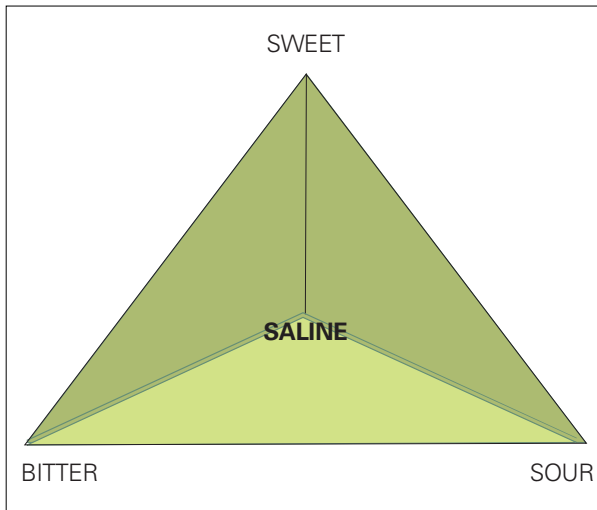


**Figure 1** Receptor cell axons that possess the same receptors converge to a couple of glomeruli in the bulb

that the olfactory stimulation induced an odor –specific spatial pattern of activity among olfactory bulb glomeruli which were odor specific and similar in animals of the same species. This was considered as an experimental support to the notion that each odor was represented in the olfactory bulb, like in the olfactory epithelium, as a kind of map or picture, thus reinforcing the notion of spatial coding of odors.

#### *The gustatory system*

Concerning taste, we can say that until recently the neurobiological approach was dominated by what is called the *problem of taste qualities*. We have seen that in the olfactory system, odor qualities are no longer thought in terms of mutually exclusive qualities. On the contrary, the view that there is a small number of basic tastes seems to be an explicit assumption of many earlier psychophysical studies of taste. The history of research on taste qualities shows a strong tendency to harden and reify the definition of taste categories. For example, the model proposed by Hennings in 1916, called *the tetrahedron model* (fig. 2), with acid, salt, sweet and bitter at the four corners of the tetrahedron has been interpreted with a strong bias in favour of the «Four Basic Taste» assumption. In fact, Henning clearly described a continuum of many tastes along the edges and surfaces of his tetrahedron, bounded by the positions of the four basic qualities.



**Figure 2** The tetrahedron model (Henning, 1916)

When neurophysiologists could record electrophysiological responses of single nerve fibers from the peripheral taste system, they found that, in mammals, taste neurons were not exclusively sensitive to a single class of stimuli, but were sensitive to a wide array of stimuli. Each neuron could therefore not unequivocally carry a message for only one taste. The type of coding that seemed appropriate to account for these findings was that of *across fiber pattern coding*, proposed by Pfaffmann in 1941.

However, interpreting neural data in the frame of this pattern theory did not satisfy several investigators, because this was more in favor of a continuum of taste qualities than in favor of separate categories (and therefore in apparent opposition to most psychophysical results). For this reason, an alternative description of electrophysiological data was proposed, and taste neurons were categorized as a function of their dominant response to a class of stimuli. The idea was that each taste fiber responded *best* to one of the four basic taste stimuli, which could be taken as a support to the four basic taste theory. In order to give more strength to the notion of best stimulus it was necessary to demonstrate that the dominant response of a neuron to stimulus had some privileged status which justified to ignore weaker responses to other stimuli. Along this line, it could be demonstrated with some success, for example, that the behavioral response of an animal to a stimulus was better predicted on the basis of the neural response of the subclass of *better-responding* fibers than on the basis of the responses from all neurons.

As a conclusion of this section we can say that, around the eighties, it was difficult to reach to sharp conclusions on the status of taste qualities. It was easily demonstrated that the taste system is not smoothly and perfectly continuous.

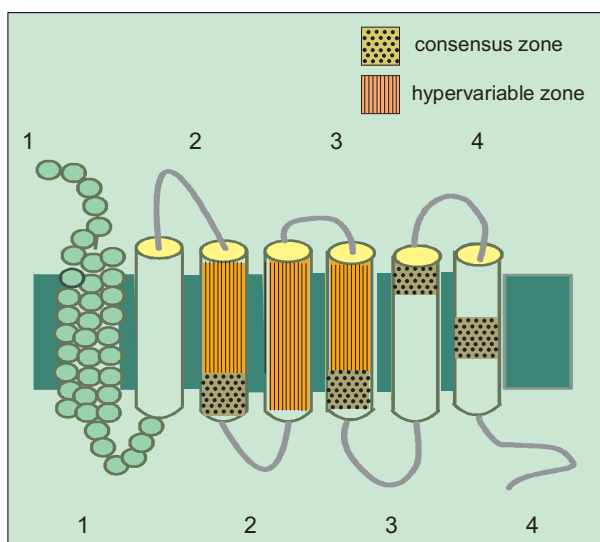
## Recent advances in the neurobiological approach to chemoreception

### *The olfactory system*

The impulse was given in 1991, when the nature of olfactory receptors was first identified. Since then, a lot of findings have confirmed and extended this discovery. Basically, the studies of the last decade approached the properties of receptors not directly but through the analysis of the genetic material (messenger RNA) specially expressed in receptor cells. These studies indicate that odor receptors belong to a very large super-family of proteins characterized by their seven transmembrane domains (fig. 3) and are functional coupled to G-proteins involved in transduction. These receptors are made of very diverse amino acid sequences, being some regions more variable than other more conservative ones. It is supposed that the binding with odorants takes place in those variable regions. The variability is maximum in some of the transmembrane segments.

The olfactory gene family is the largest family of the genome. Mice have been reported to have 1296 olfactory receptor genes, 1050 of which are functional. Instead, humans have 950 genes but much less (350) are thought to be functional. The existing models for receptor arrangement in the membrane assume that transmembrane segments define a kind of pocket in which odorant molecules bind to some amino acid residues within the transmembrane domains of the protein.

As for the question that was asked by earlier electrophysiological studies regarding the number of receptor types expressed by a receptor cell, the answer is that only one type of receptor is expressed in each cell. As a consequence, the selectivity of these receptors



**Figure 3** Olfactory receptor proteins include 7 helices

must be broad, although in the present state of our knowledge it is not yet possible to exclude the possibility that the range of receptor selectivity might be large, coexisting low-selectivity and higher-selectivity receptors. The existence of specific anosmias can be interpreted in favor of receptors narrowly tuned to a few odorants, even though this is not the general case.

Most recent studies on structures beyond the olfactory mucosa were intended to explore the spatial representation of odors. Receptor molecules are not only present in cilia at the apex of receptor cells but could be also detected at the level of the axons, and particularly in glomeruli, where axons are very dense. The convergence of axons to glomeruli is extremely selective, being axons emitted by receptor cells expressing the same odor receptors gathered in a very small number of glomeruli; typically two. Thus, each type of odor receptor is represented in the bulb by a couple of glomeruli. It does not imply that an odor stimulus induces activity in only one or two glomeruli. Because an odorant can be recognized by several types of receptors, one may expect that several glomeruli, possibly several tenths of them, will be activated by any pure odorant.

#### *The gustatory system*

Two groups of mechanisms regarding reception-transduction mechanisms have been described. Initially, it was suggested from electrophysiological studies that sour and salty tastants acted in modulating taste receptor function by direct effect on specialized ionic membrane channels and more recent studies using methods of molecular biology indicate that bitter and sweet tastants, along with the umami tastant, glutamate, are detected by G-protein coupled receptors, belonging to the same superfamily of molecules than olfactory receptors. The process of transduction involves receptor interactions with tastants that trigger a cascade of enzymatic reactions leading to the production of intracellular second messenger acting on ionic membrane receptors. Two candidate receptors, T1R1 and T1R2, expressed in mammalian taste cells, were the first to be considered. These receptors have an extremely long N-terminal extracellular domain structurally similar to the taste-mGluR4 and to the V2R family of candidate pheromone receptors found in the vomeronasal organ. But at the time of their discovery their function was not yet known. Then, a new family (T2R) of several tenths genes coding for receptors among which several recognized bitter compounds were reported, apparently being each taste receptor cell expressing a large repertoire of these T2R, and suggesting that each cell may be able to recognize multiple tastants:

cycloheximide, denatonium, 6-n-propyl-thiouracil...). T2 receptors could be found in all taste buds of circumvallate, foliate and palate papillae.

Another receptor which is a variant of the brain metabotropic glutamate receptor 4 was then described in taste cells, receptor assumed to be responsible for the umami taste of glutamate. More recently, a new member of the T1R family, T1R3, which detects sweet tastants saccharin and sucrose has been identified, whose corresponding gene is expressed in circumvallate, foliate and fungiform taste papillae. Like the other T1R, the receptor has an extremely long N-terminal extracellular domain. A second receptor for the sweet quality (T1R2+3) is made of the combination of two G-protein coupled receptors: T1R2 and T1R3. Several D-amino-acids (but not L-amino-acids) that taste sweet to humans and are attractive to mice trigger activation of this heteromer receptor.

An amino-acid taste receptor named T1R1+3 has been identified, being this new receptor a heteromer combining two previously described receptor proteins: T1R1, whose function was unknown, and T1R3, a sweet receptor. T1R1 and T1R3 combine to function as a broadly tuned L-amino-acid sensor responding to most of the twenty standard amino-acids that are perceived as sweet. This receptor is predominantly expressed in fungiform taste buds (innervated by the chorda tempani). T1R1+3 responds to monosodium-L-glutamate (MSG) and seems therefore to participate in the umami taste quality. It is not known whether it is the main or an additional umami receptor.

There is an interesting paradox in the relation between receptor activity and taste perception. T1R1+3 responds to most L-amino-acids although not all amino-acids taste equally; some are sweet to humans and attractive to mice; other are neutral; several are even bitter and are aversive to animal.

As a conclusion, within the last three years, a lot of new findings emerged on the biological support of taste perception. But research still continues and the landscape can still change in the next months. It is therefore impossible to draw sharp conclusions. Nevertheless, we must realize that there are more receptors identified than there are so-called *basic taste qualities*, even though umami is added to the four classical tastes. The number could be several tenths rather than five. It could be argued that a basic taste is determined not by a single type of receptor but by a subclass of receptors. This assumption could be closer to the reality. However there is still a difficulty with the sweet taste which seems to depend on three sub-families of receptors: T1R3, the heteromer T1R2+3 and the other heteromer T1R1+3.

# Retos de la ciencia sensorial

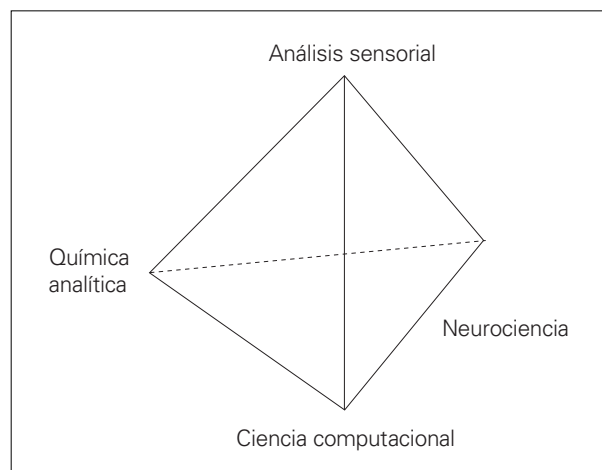
Óscar Vilarroya

Centre de Recerca Cognitiva  
Barcelona

La primera cuestión que debemos plantearnos al intentar adentrarnos en el mundo de la ciencia sensorial es saber de qué estamos hablando exactamente. Y para ello lo mejor es enfrentarnos con el término que define el área de trabajo y desarrollo que queremos estudiar.

El término «ciencia sensorial» se ha utilizado tradicionalmente para definir un grupo de disciplinas científicas y tecnológicas interesadas en la recepción sensorial de productos de consumo como vino, perfumes y alimentación, por citar algunos ejemplos, y en los procesos implicados en la percepción e integración de estímulos sensoriales, con especial énfasis en el de la interacción entre la multitud de propiedades de los productos y las respuestas del ser humano.

La relación de disciplinas dentro de las ciencias sensoriales constituye aún motivo de discusión, a pesar de que su área de influencia puede ser definida apelando a una pirámide virtual, cuyos vértices son el análisis



sensorial, la neurofisiología y la psicología, la ingeniería computacional y la química analítica.

Sin embargo, no todo el mundo está de acuerdo en considerar que la expresión “ciencia sensorial” puede incluir a todas estas subdisciplinas. La crítica más frecuente es que una parte central de las ciencias sensoriales se entiende más como un arte que como una ciencia. Por tanto, la primera pregunta que debemos plantearnos es si la ciencia sensorial es un arte o una ciencia.

## ¿Es una ciencia o es un arte?

Para responder a esta pregunta podemos recurrir a las definiciones tradicionales de las que disponemos de ambos conceptos. Así, en primer lugar, tenemos que la ciencia se define como:

*Ciencia: Un sistema de conocimiento que se interesa por explicar y predecir el mundo y sus fenómenos, estableciendo generalizaciones o leyes fundamentales mediante observaciones no sesgadas y experimentación sistemática y reproducida.*

Por otro lado, el arte se define como:

*Arte: Un sistema que utiliza habilidades manuales y la imaginación para crear objetos, experiencias o entornos estéticos para ser compartidos.*

No es necesario traer a colación el trabajo de los numerosos laboratorios de análisis sensorial, química analítica, neurofisiología y ciencia computacional basado en una metodología sistemática, reproducible y no sesgada, con unos principios teóricos relativamente elaborados, para extraer la conclusión de que las ciencias sensoriales son efectivamente una ciencia. Por

tanto, el primer punto a destacar es que *la ciencia sensorial es una ciencia*.

### **¿Es la ciencia sensorial una o muchas disciplinas científicas?**

Si queremos responder a esta pregunta de manera razonable debemos considerar en qué consiste una disciplina científica concreta, y si dentro de esta definición podemos incorporar una o todas las subdisciplinas que integran intuitivamente las ciencias sensoriales. Pues bien, una disciplina científica consiste en un núcleo de conceptos, hechos, visiones del mundo, y paradigmas. Más concretamente, una ciencia tiene un *objeto de estudio* más un *marco teórico*, unas *preguntas experimentales* y una *metodología* aceptada y establecida. Veamos para cada uno de estos puntos si las ciencias sensoriales pueden o no incorporarse bajo un mismo paraguas.

#### *Metodología*

Si empezamos por la metodología, veremos que no hay tal ciencia sensorial porque cada disciplina tira de su propia metodología, ya que dependen todas ellas de técnicas muy especializadas y aplicadas a su ámbito de trabajo.

1. Técnicas objetivas:
  - a. Análisis de componentes: Quimiometría...
  - b. Análisis de respuestas subjetivas: Psicometría, neuroimagen...
  - c. Análisis de datos subjetivos: Tratamiento estadístico...
  - d. Diseño de artefactos o modelos artificiales: Sensores artificiales...
2. Técnicas intersubjetivas
  - a. Panelización: análisis descriptivo...
3. Herramientas subjetivas
  - a. Discriminación: Tests de comparación...
  - b. Descripción: Categorías sensoriales...
  - c. Preferencia: Escalas...

#### *Las preguntas experimentales*

Sin embargo, cuando identificamos las preguntas que cada una de las subdisciplinas de las ciencias sensoriales se plantean, nos encontramos con que ya hay algunas de ellas que se comparten por más de una disciplina científica:

1. ¿Qué ocurre en el cerebro cuando vemos, olemos, probamos y tocamos un producto?
2. ¿Cómo se codifican los estímulos sensoriales?
3. ¿Qué factores fisiológicos y psicológicos influyen en las evaluaciones sensoriales? ¿Cómo varía la percepción según las condiciones del medio o del entorno, o por factores como la genética, la edad, el género, la experiencia?

### 4. ¿Cómo establecer el perfil sensorial de un producto?

Por tanto, parece que ya nos movemos hacia una especie de superposición de intereses que son compartidos por muchos de los investigadores y profesionales de las ciencias sensoriales.

#### *Marco teórico*

La tendencia a una unificación entre las distintas disciplinas se hace mucho más evidente cuando pasamos a considerar qué tipo de marco teórico subyace a cada una de ellas y a partir del cual se estructuran los distintos aparatos conceptuales que se emplean en sus modelos explicativos y diseños experimentales. Para empezar, hay un núcleo duro del acercamiento teórico que es compartido por todas las subdisciplinas, y éste hace referencia a la caracterización del proceso sensorial y perceptivo como parte de un sistema biológico o incluso artificial.

*Los estímulos sensoriales del mundo se reciben a través de los órganos de los sentidos, que codifican esta información y la transmiten hacia el cerebro, en donde se procesa y se integra con otras informaciones sensoriales dando lugar a una percepción.*

Es más, cuando pasamos a recordar qué tipos de principios se derivan de este primer acercamiento, nos damos cuenta de que casi todos ellos configuran el mismo escenario teórico para todas las ciencias sensoriales.

1. Principios neurosensoriales
  - A. Transducción: Los órganos de los sentidos transforman la energía del entorno en energía electroquímica.
  - B. Procesamiento jerárquico: El procesamiento sensorial está jerárquicamente organizado en diferentes estadios y sistemas.
  - C. Selectividad: Las neuronas de cada sistema sensorial tienen una preferencia muy específica para un tipo de estímulo.
  - D. Organización: Los sistemas sensoriales están altamente organizados (mapas topográficos...).
  - E. Codificación: La naturaleza de un determinado estímulo sensorial depende de su codificación en las vías y sistemas sensoriales (codificación temporal, de vías dedicadas...).
  - F. Ruido: La actividad sensorial relevante reposa sobre una base de actividad neuronal irrelevante.
  - G. ...
2. Principios perceptivos
  - A. Sensación: Cada experiencia sensorial tiene una naturaleza cualitativa particular y subjetiva.

- B. Umbral: Existe un mínimo de estimulación sensorial para que se produzca una sensación perceptiva (umbral absoluto) y para que se produzcan diferencias entre dos estímulos diferentes.
  - C. Magnitud sensorial: Por encima del umbral absoluto, hay un continuo de niveles de intensidad de estímulo que tiene una correspondencia no-lineal en la magnitud de la sensación.
  - D. Percepción categorial: Existen cualidades sensoriales discretas a las que el ser humano es sensible.
3. Principios cognitivos
- A. Representación: El procesamiento sensorial consiste en la formación de representaciones que sufren una transformación de básicas y modales a abstractas e intermodales en el percepto final.
  - B. Computación: La transición entre representaciones consiste en operaciones computacionales.
  - C. Reglas de decisión: Los juicios perceptivos implican una determinada decisión que está basada en reglas probabilísticas y estadísticas.
  - D. ...

En suma, podemos concluir que todas las disciplinas sensoriales comparten de una manera más o menos completa los distintos principios que configuran el marco teórico que emplean para configurar su trabajo.

#### *Objeto de estudio*

Finalmente, al llegar a este punto crucial, nos damos cuenta que, de hecho, todas las disciplinas sensoriales comparten el mismo objeto de estudio. Y ¿cuál es el objeto de estudio de la ciencia sensorial? Si nos referimos en este caso a la parte básica de la ciencia sensorial, aquello que subyace a cualquier aplicación (industrial, de consumo, etc.) de sus conocimientos, entonces la definición parece clara:

*Explicación y reproducción de la recepción, transmisión e integración de estímulos sensoriales de productos de consumo humano.*

Cuanto más concretamente intentemos definir el objeto de estudio de las ciencias sensoriales nos encontraremos que deberemos incluir en ella cuestiones de ciencia básica, como el estudio de los mecanismos sensoriales que permiten la detección y transducción de la información del entorno, y las representaciones perceptivas que se forman a nivel central, aspectos de las ciencias aplicadas como el análisis sensorial; ámbitos de la tecnología como la ingeniería industrial, e incluso aspectos teóricos como el desarrollo de modelos computacionales de procesamiento sensorial, así como

la comprensión de las relaciones entre las propiedades fisicoquímicas de los alimentos y otros consumibles y la percepción y apreciación de tales productos. Pero todos estos objetos de estudio están bajo el mismo concepto general que hemos descrito previamente.

#### **¿Para qué una ciencia sensorial?**

De lo dicho hasta ahora, podemos concluir que el término «ciencia sensorial» se utiliza para definir un grupo de disciplinas científicas y tecnológicas que comparten un mismo objeto de estudio, con un marco teórico relativamente común, pero que difieren en las preguntas experimentales que se formulan y en la metodología que aplican.

Cabría entonces preguntarse, ¿dónde está el problema? En primer lugar, las ciencias sensoriales se encuentran con una *metodología* con problemas, puesto que todas las disciplinas de las ciencias sensoriales se encuentran con una falta de consistencia, de fiabilidad, de robustez, de relevancia, e incluso con un coste metodológico demasiado elevado para los resultados obtenidos.

Asimismo, nos encontramos que esas mismas disciplinas contienen numerosas preguntas para las cuales carecemos todavía de respuesta, como por ejemplo: ¿Cómo relacionar la información sensorial subjetiva con datos analíticos?, ¿cómo relacionar las propiedades fisicoquímicas de un producto con sus propiedades sensoriales?, ¿cómo garantizar la calidad sensorial de un producto?, ¿cómo mejorar la sensorialidad de un producto?

Del mismo modo, el marco teórico que parecen compartir en mayor o menor grado tiene sus propios puntos débiles, puesto que siguen necesitándose principios psicofísicos que conecten las propiedades fisicoquímicas de los productos y la experiencia percibida a través de una comprensión de los procesos sensoriales.

E incluso en el campo de la definición del objeto de estudio nos encontramos con que todavía debemos decidir si la ciencia sensorial es una disciplina básica o aplicada. En efecto, una discusión tradicional en cada una de las caracterizaciones de las disciplinas sensoriales ha sido la cuestión del carácter aplicado o básico de su actividad. ¿Y a qué nos referimos con ello? En las versiones simplificadas de estas descripciones, la ciencia básica se lleva a cabo por investigadores académicos en búsqueda de conocimiento, mientras que la investigación aplicada se lleva a cabo por inventores o investigadores industriales en búsqueda de nuevos y mejores productos.

En nuestra opinión, así como en opinión de muchos de los teóricos, esta distinción es artificial en el caso de la ciencia sensorial, porque no hay dos tipos de profesionales, pero sí que hay dos tipos de conocimientos

	<b>Descripción</b>	<b>Tipo de relación</b>
<b>Multidisciplinariedad</b>	Diferentes disciplinas, que trabajan simultáneamente, en paralelo, pero sin relación entre ellas	Sin cooperación y con múltiples objetivos.
<b>Interdisciplinariedad</b>	Marco teórico, metodología y preguntas independientes, pero parcialmente coincidentes	Transferencia de elementos
<b>Transdisciplinariedad</b>	Marco teórico, metodología y preguntas comunes	Interacción, coordinación

y prácticas profesionales que pueden corresponder a esta división. De hecho, hay una tendencia a buscar soluciones aplicadas a problemas, despreciando la parte más fundamental de la ciencia que la soporta. Y en muchos casos la tendencia responde a un problema de supervivencia financiera. Esta tendencia, y el cambio de las fuentes de financiación, crean una dinámica que provoca la limitación del espíritu libre de la ciencia. En los años dorados de la ciencia sensorial, desde los sesenta, se consiguieron muchos avances y difusión de la información. Hoy en día, la cultura de la capitalización y el rendimiento está constriñendo la difusión de la información científica. Esto está llevando a métodos *ad-hoc* que no están validados y que impiden el avance de la ciencia.

### **Solución: transdisciplinariedad**

Para los organizadores del I Encuentro Ciencias Sensoriales y de la Percepción, la solución a esta situación es apostar por la transdisciplinariedad. ¿Pero en qué consiste exactamente la transdisciplinariedad?

De manera clásica, y como se muestra en el cuadro adjunto, las relaciones entre distintas disciplinas científicas se desarrollan en tres etapas de menor a mayor interrelación, desde la mínima cooperación, hasta la integración completa. Los acercamientos transdisciplinarios se han desarrollado rápidamente como maneras de acercarse a nuevas cuestiones. La investigación transdisciplinaria implica borrar las fronteras de disciplina al nivel de las asunciones, metodologías y estrategias explicativas. Las estrategias transdisciplinarias, en contra de otros acercamientos interdisciplinarios, requieren una síntesis de investigación tanto a nivel de las asunciones y sus conceptos, como en el diseño, análisis e interpretación de los datos.

En el momento presente, la ciencia sensorial se encuentra probablemente en el punto intermedio entre la multidisciplinariedad y la interdisciplinariedad. El reto

es, pues, avanzar en este camino. En efecto, el conocimiento, los métodos y las aplicaciones dentro de las Ciencias Sensoriales han llegado a un nivel de excelencia y desarrollo tal, que cada disciplina puede beneficiar, y beneficiarse a su vez, de la interacción con otras disciplinas sensoriales. Los grupos que trabajan en ámbitos transdisciplinarios pueden proponer cuestiones más complejas y dar soluciones innovadoras a problemas de investigación. Con miembros de diferentes disciplinas trabajando juntos, se puede ganar en programas de investigación.

### **Conclusión: agenda**

Para finalizar, creemos necesario especificar cuáles son los retos, en forma de agenda, que en esta propuesta de proceso se precisarían. En concreto creemos que hay dos ámbitos generales, la agenda científica y la agenda socioprofesional que deben tenerse en cuenta:

#### *Agenda científica*

- A. Potenciar la investigación básica y su integración en el desarrollo de aplicaciones.
- B. Abrir espacios de trabajo y publicación comunes: centros de recursos (*Perceptnet*), workshops...

#### *Agenda socioprofesional*

- A. Crear un marco institucional de colaboración: ¿sociedad científica?
- B. Estimular la colaboración científica.
- C. Convencer de la inutilidad de establecer restricciones al libre intercambio de información científica.

En resumen, el estado actual de las ciencias sensoriales invita al optimismo, pero es necesario tomar decisiones valientes para conseguir que las expectativas de desarrollo y éxito futuro se consigan a través de un cambio de paradigma en el modo y manera de trabajar y de interrelacionar las distintas ciencias sensoriales.