



# Enseñanza acerca de los *sentidos químicos*. Indagación sobre una experiencia motivadora

## Teaching about *chemical senses*. Inquiry into a motivating experience

Valeria Edelsztein

*Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, Argentina.*

*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.*

[valeriae@conicet.gov.ar](mailto:valeriae@conicet.gov.ar)

Lydia Galagovsky

*Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, Argentina.*

[lyrgala@qo.fcen.uba.ar](mailto:lyrgala@qo.fcen.uba.ar)

**RESUMEN** • En este trabajo se muestra un modelo de enseñanza vivencial, no tradicional, sobre el tema *sentidos químicos*. Se trata de una experiencia didáctica que promueve la reflexión sobre ideas o conocimientos previos total o parcialmente erróneos para transformarlos en conceptos *sostén* apropiados. El diseño didáctico de las actividades fue planificado en función del modelo de aprendizaje cognitivo consciente sustentable. La experiencia relata los resultados que provienen de la implementación de cuatro talleres presenciales de tres horas cada uno, con una participación total de 87 profesores en servicio y en formación, pertenecientes a las áreas de biología, química, física y matemáticas de escuela media.

**PALABRAS CLAVE:** Sentidos químicos; Motivación; Enseñanza en contexto; Modelo de aprendizaje cognitivo consciente sustentable; Profesores

**ABSTRACT** • This work shows a model of experiential, non-traditional teaching on the subject *chemical senses*. It is a didactic experience that promotes the reflection on ideas or previous knowledge which is totally or partially erroneous to transform it into appropriate support concepts. The didactic design of the activities was planned according to the Sustainable Conscious Cognitive Learning Model. The experience that we present refers to the results from the implementation of four three-hour classroom workshops in which 87 teachers, in service and in training, belonging to the areas of biology, chemistry, physics and mathematics of middle school, participated.

**KEY WORDS:** Chemical senses; Motivation; Teaching in context; Sustainable conscious cognitive learning model; Teachers

Recepción: enero 2018 • Aceptación: agosto 2018 • Publicación: marzo 2019

## INTRODUCCIÓN

El campo de la didáctica de las ciencias naturales tiene entre sus objetivos promover una enseñanza basada en la investigación educativa (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2002; Galagovsky 2004a,b). Diversas líneas de investigación destacan la importancia de los aspectos emocionales y positivos en el proceso de aprendizaje (Otero, 2006; Marbà y Márquez, 2010; Mellado, 2014; Sanmartí y Marchán, 2015; Carrió y Costa, 2017). Un clima agradable en las aulas, la consideración de los intereses propios de los alumnos y la valoración del esfuerzo predisponen positivamente a los estudiantes hacia el aprendizaje (Keller, 2010; Sanmartí y Marchán, 2015).

Desde esta perspectiva, el presente trabajo constituye una propuesta didáctica innovadora sobre el tema de los *sentidos químicos* que parte de un contexto enmarcado en el planteo de situaciones de «sentido común» e involucra experiencias sencillas que utilizan materiales cotidianos para demostrar algunos conceptos. Esta propuesta fue aplicada en cuatro oportunidades mediante talleres de 3 horas cada uno. Los participantes fueron profesores del nivel de escolaridad secundaria, del área de ciencias exactas y naturales, en ejercicio o en formación.

El éxito de la propuesta se reflejó en las respuestas escritas por los participantes al finalizar cada taller y en la diversidad de repuestas obtenidas en el instrumento didáctico generado *ad hoc* en función de las consideraciones del modelo de aprendizaje cognitivo consciente sustentable (MACCS). La propuesta didáctica, además de presentar el tema de los *sentidos químicos*, puede utilizarse como disparador de ulteriores enseñanzas de temas científicos canónicos, tales como soluciones, volatilidad, equilibrio químico y sistemas del cuerpo humano.

## OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo ha sido el de analizar el impacto motivacional de un taller sobre el tema *sentidos químicos*, cuyo diseño didáctico fue planificado sobre el marco teórico del MACCS (Galagovsky, 2004b).

Los objetivos específicos de esta investigación fueron:

- Explorar el valor de proponer situaciones didácticas en las que los participantes pudieran trabajar cognitivamente sobre sus opiniones, ideas, argumentaciones idiosincrásicas y conocimientos previos, en un ambiente cordial, de tal forma de que estas se revelaran como una base cognitiva que debía ser necesariamente modificada, o completada, para la apropiación de la información constituyente del nuevo aprendizaje.
- Releva la fuerza motivacional derivada de vivenciar actividades en un contexto didáctico donde se valoran los errores constructivos como parte fundamental del proceso de aprendizaje.

## MARCO TEÓRICO

El enfoque de enseñanza de ciencias naturales en contexto (ECNC) (Bennett, Lubben y Hogarth, 2007; Caamaño, 2011, 2015; Gilbert, Bulte y Pilot, 2011; Marchán y Sanmartí, 2015; Meroni, Coppello y Paredes, 2015) promueve la inclusión de conceptos científicos en situaciones cotidianas o de las futuras vidas profesionales de los estudiantes (Marchán y Sanmartí, 2015). Con diferentes improntas, este enfoque ha sido implementado curricularmente en distintos lugares del mundo (Sutman y Bruce, 1992; Bennet y Lubben, 2006; Nentwig y Demuth, 2007; Caamaño, 2015) y en diversas disciplinas (Plana *et al.*, 2005; Miranda y Andrés, 2012; Lope *et al.*, 2005).

Diversos estudios han mostrado que el enfoque ECNC da como resultado mejoras en la actitud hacia la ciencia y en la percepción de su relevancia, así como un aumento en el interés y motivación de los estudiantes por el aprendizaje de disciplinas científicas, especialmente en la química (Ramsden, 1997; Bennett, Lubben y Hogarth, 2007; Sanmartí, Burgoa y Nuño, 2011; Marchán y Sanmartí, 2015).

En este trabajo se plantean situaciones relacionadas con la vida cotidiana, como por ejemplo la incapacidad de percibir el sabor de una comida cuando se está resfriado, como disparadores para el abordaje de conceptos teóricos relacionados con los procesos sensoriales y perceptivos, en particular en el caso de los *sentidos químicos*.

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA ESTRUCTURA DIDÁCTICA DEL TALLER

La planificación de las actividades de cada taller se enmarcó en las recomendaciones didácticas del MACCS y sus derivaciones comunicacionales (Galagovsky, 2004a,b). Este modelo propone cinco aspectos metodológicos centrales:

1. Es necesario diferenciar entre los procesos de *indagar ideas previas* o de *traer a la conciencia conceptos sostenidos*, con los cuales vincular la nueva información a aprender. La razón medular de esta diferencia sería epistemológica: si las ideas previas expresadas por el sujeto novato fueran erróneas, la mera presentación de una información que las contradijera no sería una condición suficiente para conducir al novato a reflexionar sobre la necesidad de modificarlas. Por el contrario, generalmente esta situación conduciría al novato, desde su oficio de alumno (Perrenoud, 2006), a aceptar pasivamente la información escolar correcta que le presentara el docente, que deberá repetir aun sin comprenderla. De hecho, es conocido el «ritual» de indagar ideas previas como parte inicial de una planificación que conduciría a un «cambio conceptual» (Bruning, Schraw y Ronning, 2002); sin embargo, también es conocido que no hay, hasta el presente, investigaciones que demuestren efectivamente tal efecto de cambio conceptual en el conocimiento de los sujetos novatos (Pozo, 2007). Por lo tanto, el carácter erróneo desde el punto de vista científico de las ideas previas relevadas en sujetos novatos no permitiría construir una plataforma cognitiva apropiada sobre la cual construir aprendizajes correctos. El cambio cognitivo surgiría solo si cada sujeto tomara conciencia sobre sus representaciones mentales idiosincrásicas, las pudiera comparar con otras y comprender contradicciones y conflictos cognitivos dentro de su memoria de trabajo. Ya entonces, podría modificar sus ideas erróneas, en tanto y en cuanto hubiera detectado sus inconsistencias y pudiera comprender los cambios que hay que realizar. La toma de conciencia de conflictos cognitivos propios es el proceso que inicia la transformación de ideas previas en *conceptos sostenidos* (Galagovsky, 2004a).
2. Asumir un *conflicto cognitivo* implica para el sujeto poder procesar simultáneamente en su memoria de trabajo al menos dos informaciones que se contradigan entre sí, pero que se perciban como potencialmente correctas. Así, en un contexto de aula, un sujeto novato podrá saber que tiene un conflicto cognitivo cuando pueda comparar, dentro de su mente, sus conceptos o argumentaciones con alternativas diferentes expresadas por otros sujetos novatos. Esta toma de conciencia sobre una diversidad de argumentaciones posiblemente válidas es lo que llevará a cada sujeto a querer resolver el conflicto cognitivo asumido y será un factor motivacional fundamental, ya que su mente demandará encontrar la respuesta o argumentación que satisfaga la incertidumbre que se le ha generado (Galagovsky, 2004b).
3. Lograr los ítems precedentes implica generar un *instrumento didáctico apropiado*, con el cual relevar las ideas previas específicas sobre el tema elegido, y sus argumentaciones soporte, e implementarlo en un ambiente de clase distendido y cordial, donde se evidencie la variedad de

- respuestas y no se ponga el énfasis en el acierto o en quiénes eligieron la respuesta correcta. Este instrumento didáctico estructurado tiene el aspecto de una pregunta con múltiples opciones de respuestas, de las cuales una o más pueden ser correctas.
4. En este *contexto cordial*, el docente anima a la audiencia a participar, utilizando el instrumento didáctico en forma individual, para luego en pequeños grupos exponer sus elecciones. Durante este lapso, cada participante muestra un natural interés por comprender las elecciones de los demás participantes y sus justificaciones. Finalmente, al comprender las diferentes opciones que expresan representaciones mentales idiosincrásicas surgen el autocuestionamiento y la necesidad de recibir información adicional para sosegar la incertidumbre, o para confirmar si su argumentación es correcta o válida. Antes de dar la información, el docente propone que cada participante manifieste a mano alzada qué opción(es) de respuesta(s) eligió para poner en evidencia la diversidad de elecciones. Resulta importante, por lo tanto, que inmediatamente después de mencionar cada opción se logre cuantificar explícitamente cuántos participantes la han elegido y que, al menos uno o dos de quienes lo hicieron –y de los que no– expresen, justifiquen y argumenten sobre los motivos de su decisión.
  5. Todas estas actividades devienen en procesos mentales que llevan a cada sujeto a darse cuenta de conflictos cognitivos propios y ajenos; y, a partir de esta toma de conciencia, demandar alguna información que los resuelva. Esto significa tener motivación por más aprendizaje. Por lo tanto, recién en esta instancia el docente procederá a *presentar la información* que operará como el contenido científico esperado por cada uno de los participantes. El concepto de *aprendizaje sustentable* se refiere a que existe una demanda de cada sujeto por recibir nueva información que satisfaga su necesidad de completar, cerciorar o apuntalar aquellos *conceptos sostén* que estuvo construyendo (al reconocer diferencias entre sus representaciones mentales y las de otros participantes). El adjetivo *sustentable* se refiere en economía a un proceso que admite una armonía entre la oferta y la demanda; en este caso, el aprendizaje es sustentable porque la oferta de información aparece tras la demanda consciente por aprender, y no al revés. El aprendizaje sustentable es significativo, reflexivo y metacognitivo.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

La propuesta didáctica se desarrolló durante un taller presencial de 3 horas de duración sobre la enseñanza del tema *sentidos químicos*. Esta propuesta se repitió en cuatro oportunidades en la ciudad y la provincia de Buenos Aires durante los años 2017 y 2018. En total, participaron 87 profesores y profesoras de escuela media de las áreas de biología, química, física y/o matemáticas, en servicio o en formación de pregrado. El objetivo de la investigación no incluía discriminaciones del impacto motivacional por taller ni por la formación de base de los participantes.

El diseño de las actividades del taller se realizó teniendo en cuenta las consideraciones teóricas planteadas por el MACCS. El instrumento didáctico construido *ad hoc* consistía en cinco preguntas con cinco opciones de respuestas cada una, siendo cada opción una argumentación posiblemente válida para la audiencia. La consigna fue que cada participante podría marcar todas las opciones que considerara correctas. Denominaremos a este instrumento encuesta inicial (EI) y, en este trabajo, lo presentamos desglosado en las tablas 1 a 5, donde se explicitan, respectivamente, cada una de las cinco preguntas con sus cinco opciones de respuesta.

Cada taller constó de cuatro etapas:

- *Etapla 1: Resolución de una EI a partir de las ideas, opiniones y conocimientos previos de los participantes.* Se desarrolló solicitando, en los 15 minutos iniciales de cada taller, que cada participante

respondiera por escrito a la EI que se les entregó impresa, con la consigna que establecía la posibilidad de elegir más de una opción como respuesta a cada una de las cinco preguntas. Las tablas 1 a 5 presentan separadamente cada una de las cinco preguntas con sus respectivas opciones de respuesta, y muestran los porcentajes de elección obtenidos en cada caso, sobre la base de los 87 participantes totales. Cada participante completó una pequeña grilla con un resumen de todas sus respuestas (véase anexo I) que fue recogida antes de la etapa 2.

- *Etapa 2: Promoción de la aparición y reconocimiento de errores constructivos en los propios participantes a partir de las discusiones con aporte de material teórico.* En esta etapa de la propuesta didáctica se requería que los participantes tomaran conciencia sobre la diversidad de elecciones de respuestas realizadas por el grupo como un todo. Para conseguirlo, ante cada pregunta la docente leyó opción por opción y solicitó que levantaran la mano quienes habían elegido cada opción. Un rápido conteo generó asombro frente a la dispersión de elecciones. Luego, se procedió a relevar una breve justificación de quiénes habían elegido, o no, cada opción. Así, se pusieron en evidencia representaciones mentales, ideas y/o aprendizajes previos. Finalmente, la docente brindó información a partir de la demanda y la motivación de los participantes por cerrar la discusión sobre los argumentos científicamente correctos que sostendrían –o no– cada opción de respuesta.
- *Etapa 3: Realización de experiencias sencillas sobre sentidos químicos y percepción.* Algunos de los contenidos teóricos fueron reforzados con la realización de las experiencias mencionadas en el anexo II. Dado que se trataba de experiencias sencillas y breves, todos los participantes del taller tuvieron la oportunidad de experimentar con sus propios sentidos del gusto y del olfato. Esta instancia resultó siempre motivadora y atractiva.
- *Etapa 4: Valoración de la propuesta didáctica por parte de los participantes como posible modelo para llevar al aula de escuela secundaria.* En la última etapa, de 15 minutos de duración, se les pidió a los participantes del taller que respondieran si les parecía factible trabajar con este enfoque en aulas de escuela secundaria y que señalaran las principales ventajas y desventajas que podían anticipar sobre dicha implementación. Las respuestas se asignaron a siete categorías, presentadas en la tabla 6.

## RESULTADOS

Las respuestas de los 87 participantes a la EI se presentan en las tablas 1-5 expresadas como porcentajes para cada opción de cada pregunta. La suma total supera el 100 % porque los participantes podían seleccionar más de una opción. Se utilizaron porcentajes con fines exclusivamente comparativos ya que los valores no pretenden ser importantes en sí mismos ni generalizables a otras poblaciones, sino que nos permiten utilizarlos como evidencias para analizar el desarrollo de la propuesta didáctica.

A continuación, se explicarán brevemente las opciones correctas para cada pregunta y se harán comentarios sobre las opciones incorrectas o parcialmente correctas.

## Pregunta 1. Sobre los sentidos de los seres humanos

Tabla 1.

Enunciado de la pregunta 1 y sus opciones. Porcentajes de respuestas relevadas en función de los 87 participantes. Las respuestas correctas y parcialmente correctas se indican en cursiva

<i>1. Los sentidos en los seres humanos...</i>	%
a) <i>Son cinco: tacto, vista, oído, olfato y gusto.</i>	57
b) Perciben información del mundo exterior que luego es interpretada por nuestro cerebro.	72
c) <i>Nos proporcionan información del mundo exterior a través de órganos sensoriales específicos.</i>	67
d) Están mucho menos desarrollados que en el resto de los animales.	14
e) Funcionan mediados por receptores que interactúan con moléculas o iones.	49

*Opción a.* Parcialmente correcta. Hoy existe amplio consenso acerca de que, si bien olfato, gusto, tacto, vista y oído son los cinco sentidos *tradicionales*, los humanos contamos con muchos más, entre ellos la termocepción, la nocicepción, la propiocepción y la equilibriocepción (Purves, Augustine y Fitzpatrick, 2001; Proske y Gandevia, 2012).

*Opción b.* Incorrecta. Si bien, en términos coloquiales, *percepción* puede equipararse a *sensación*, ambos procesos son estrictamente distintos, desde el punto de vista fisiológico y neurológico. El proceso *sensorial* es el encargado de recibir estímulos físicos aislados simples del ambiente o del propio cuerpo mediante los órganos sensoriales; el proceso *perceptivo* es una interpretación, significación y organización de esa información brindada por el proceso sensorial. De este modo, nuestros sentidos no perciben información del mundo exterior (e interior) sino que sensan los estímulos (Proctor y Proctor, 2006; Foley y Matlin, 2010). A raíz de esta diferencia, justamente, es por lo que se sostiene que las drogas psicoactivas, por ejemplo, alteran la percepción.

*Opción c.* Correcta. Los sentidos están adaptados para responder a los estímulos que se presentan en el medio gracias a células especializadas que se activan frente a un tipo de interacción determinada (Proctor y Proctor, 2006; Foley y Matlin, 2010). En rigor, la respuesta es correcta pero incompleta porque, si bien los sentidos nos proporcionan información a través de órganos sensoriales específicos, los estímulos no provienen solo del mundo exterior sino, también, del medio interno.

*Opción d.* Incorrecta. No es posible afirmar que los seres humanos tengamos sentidos más o menos desarrollados que el resto de los animales. Ni siquiera es posible decir que sean los mismos sentidos (Drake, 2011; Wu y Dickman, 2012; Enjin *et al.*, 2016).

*Opción e.* Incorrecta. Entre todos los sentidos, únicamente el olfato y el gusto son estimulados por la presencia de sustancias químicas –moléculas o iones– que interactúan con las células sensoriales (quimiorreceptores). Por este motivo, estos dos sentidos suelen denominarse *sentidos químicos* (Buck, 2000a,b).

## Pregunta 2. Sobre la capacidad de los seres humanos para sentir gustos

Tabla 2.

Enunciado de la pregunta 2 y sus opciones. Porcentajes de respuestas reveladas en función de los 87 participantes. Las respuestas correctas y parcialmente correctas se indican en cursiva

<i>2. Nuestra capacidad para sentir gustos...</i>	%
a) <i>Está únicamente limitada a cinco tipos básicos, entre ellos dulce y salado.</i>	20
b) <i>Depende de la temperatura del alimento que estamos consumiendo.</i>	54
c) <i>Depende de la presencia de saliva en nuestra boca.</i>	43
d) Depende de la zona de la lengua. Por ejemplo, los receptores para el gusto dulce están en la punta y para el gusto amargo en la parte posterior.	59
e) No se modifica por factores externos ya que es una cualidad determinada genéticamente.	17

*Opción a.* Correcta. Los seres humanos tenemos receptores específicos únicamente para cinco gustos puros –o básicos–, es decir que no resultan de la combinación de otros: dulce, salado, ácido, amargo y umami (Ikeda, 2002; Chandrashekar *et al.*, 2006). Una confusión habitual, que también surgió en los talleres, es la de considerar como sinónimos los conceptos de «gusto» y «sabor» (Rozin, 1982). El sabor es un concepto más complejo que resulta de la percepción de información que proviene de diferentes aferentes incluidos el gusto, el olfato y fibras somatosensoriales (táctiles, térmicas o químicas) (Small y Prescott, 2005).

*Opción b.* Correcta. Los umbrales absolutos de gusto (mínima cantidad de estímulo necesaria para el sentido) y la intensidad («cantidad» de la sensación) se modifican con la temperatura (Verhagen y Engelen, 2006).

*Opción c.* Correcta. Para que los receptores del gusto puedan sentir moléculas o iones sápidos es necesario que se encuentren disueltos. Por otra parte, la saliva tiene efectos moduladores sobre distintos gustos (Matsuo, 2000). La discusión de esta respuesta se complementó con la experiencia «Lengua seca» (véase anexo II).

*Opción d.* Incorrecta. Existe una falsa creencia muy popular de que cada una de las distintas secciones de la lengua detecta solo uno de los gustos básicos, representación conocida como «mapa de la lengua». Sin embargo, la idea fue ampliamente refutada (Collings, 1974). La discusión de esta respuesta se complementó con la experiencia «Cuestionar el mapa de la lengua» (véase anexo II).

*Opción e.* Incorrecta. Si bien la capacidad de sentir gustos está determinada, en parte, genéticamente, tienen incidencia numerosos factores no genéticos como la temperatura, la producción de saliva, la edad y factores contextuales no sensoriales (Duffy y Bartoshuk, 2000; Reed, 2008).

*Pregunta 3. Sobre las sensibilidades individuales frente al gusto*

Tabla 3.

Enunciado de la pregunta 3 y sus opciones. Porcentajes de respuestas relevadas en función de los 87 participantes. Las respuestas correctas y parcialmente correctas se indican en cursiva

<i>3. Dos individuos pueden tener distintas sensibilidades frente al mismo gusto porque...</i>	%
a) <i>Uno de los individuos tiene menos papilas gustativas que el otro.</i>	40
b) <i>Uno de los individuos es mayor (en edad) que el otro.</i>	36
c) <i>Uno de los individuos no produce tanta saliva como el otro.</i>	22
d) La afirmación es falsa. Todos los individuos tenemos la misma sensibilidad frente a los gustos.	10
e) <i>Las experiencias previas condicionan nuestras percepciones.</i>	82

*Opción a.* Correcta. El sentido del gusto de los humanos está centrado en la lengua, donde se encuentran las papilas gustativas –aunque también existen receptores del gusto en el paladar, las mejillas, la parte superior de la garganta y la epiglotis–. Los adultos tienen entre dos y cuatro mil papilas gustativas en total y su distribución depende de cada individuo (Arvidson, 1979). La discusión de esta respuesta se complementó con la experiencia «Contando papilas» (véase anexo II).

*Opción b.* Correcta. Distintos estudios sugieren que el envejecimiento puede afectar negativamente al sentido del gusto y en mayor medida al del olfato (Stevens y Bartoshuk, 1984; Mojet, Christ-Hazelhof y Heidema, 2001).

*Opción c.* Correcta. Tal como se mencionó en la *opción e* de la *pregunta 2*, la capacidad de sentir los distintos gustos está directamente relacionada con la producción de saliva.

*Opción d.* Incorrecta. Como se mencionó anteriormente, la sensibilidad frente a los gustos varía entre individuos por motivos genéticos, fisiológicos y contextuales.

*Opción e.* Correcta. La percepción del sabor surge no solo de la integración central de entradas sensoriales periféricamente distintas (gusto, olfato, textura, temperatura, vista e, incluso, el sonido de los alimentos), sino que depende, también y entre otras cuestiones, de las experiencias previas a las que los sujetos han estado expuestos (Small y Prescott, 2005).

*Pregunta 4. Sobre la influencia del sentido del olfato en el sentido del gusto*

Tabla 4.

Enunciado de la pregunta 4 y sus opciones. Porcentajes de respuestas relevadas en función de los 87 participantes. Las respuestas correctas y parcialmente correctas se indican en cursiva

<i>4. Cuando estamos resfriados es muy difícil distinguir el sabor de los alimentos porque...</i>	%
a) La inflamación de la región nasofaríngea durante un resfriado incluye a las papilas gustativas e inhibe su acción.	28
b) En un resfrío se inflama la mucosa que rodea al sistema límbico, encargado de percibir los sabores.	23
c) La inflamación de la mucosa nasal disminuye el olfato y, sin él, la lengua no puede sentir los gustos.	40
d) <i>La infección en los senos paranasales reduce parcialmente la capacidad de percibir olores y sin ellos es muy difícil identificar los sabores.</i>	41
e) La mucosidad recubre las papilas gustativas y evita la interacción de distintas moléculas e iones con los receptores del gusto.	24

*Opciones a, c y e.* Incorrectas. Las tres opciones *a, c y e* son incorrectas porque asumen no solamente que el resfriado afecta a las papilas gustativas, sino que son las células receptoras del gusto las principales responsables de la percepción del sabor. Debe aquí distinguirse nuevamente el significado de «sensar el gusto» como diferente del de «percibir el sabor».

*Opción b.* Incorrecta. El sistema límbico es un sistema formado por varias estructuras cerebrales que regulan las respuestas fisiológicas frente a determinados estímulos. No se ve afectado durante un resfriado.

*Opción d.* Correcta. La información olfativa es clave a la hora de identificar el sabor (Rozin, 1982). Si el olfato está ausente, por algún problema fisiológico o por un resfriado, no somos capaces de percibir el olor diferencial que caracteriza a cada alimento, aunque sí podemos identificar los gustos básicos y otras sensaciones somáticas. La discusión de esta respuesta se complementó con la experiencia «Nariz tapada» (véase anexo II).

### Pregunta 5. Sobre la saturación de los receptores olfativos

Tabla 5.

Enunciado de la pregunta 5 y sus opciones. Porcentajes de respuestas relevadas en función de los 87 participantes. Las respuestas correctas y parcialmente correctas se indican en cursiva

<i>5. Luego de estar un tiempo expuestos a un aroma intenso dejamos de percibirlo porque...</i>	%
a) Los receptores olfativos se saturan con moléculas aromáticas y ya no pueden reaccionar con nuevas moléculas.	32
b) <i>Después de estar un tiempo expuestos a un estímulo, los receptores olfativos no siguen reaccionando a la misma velocidad inicial.</i>	47
c) Nos acostumbramos al aroma y ya no resulta novedoso para nuestros receptores olfativos. Por eso dejan de sensarlo.	43
d) <i>La disminución de la entrada de información sensorial repetitiva y constante se desencadena para ignorar información redundante continua.</i>	30
e) El olor se disipa alrededor nuestro y dejamos de detectarlo con los receptores olfativos.	8

*Opción a y c.* Incorrectas. El funcionamiento del proceso sensorceptivo olfatorio es complejo en los seres humanos (Buck, 2000a,b; Firestein, 2001; Su, Menz y Carlson, 2009). La idea de «saturación» de los receptores olfativos transmite el concepto de una interacción estática en la que cada receptor se uniría con la molécula que produce aroma, quedaría «fijo» en esa situación. Sin embargo, la interacción es un equilibrio dinámico y las moléculas odoríferas se asocian y se disocian permanentemente de sus receptores.

*Opciones b y d.* Correctas. Después de estar un tiempo largo expuestos a un estímulo, la sensibilidad del gusto y el olfato disminuye y los receptores no siguen reaccionando a la misma velocidad inicial, incluso cuando el estímulo conserva su intensidad. Esta reducción de la respuesta a un estímulo constante y uniforme se llama *adaptación* y se cree que es un mecanismo funcional importante que evita el exceso de actividad neuronal. El cerebro adaptado a un estímulo sostenido no invierte tiempo y energía en continuar procesando dichos estímulos y esto nos permite permanecer alertas para obtener nueva información (Köster y Wijk, 1991). La discusión de estas respuestas se complementó con la experiencia «Borrador de olores» (véase anexo II).

*Opción e.* Incorrecta. La concentración de moléculas odoríferas eventualmente puede ser menor al umbral absoluto de detección. Sin embargo, frente a una intensidad apreciable de un determinado estímulo odorífero, ocurre, en primer lugar, el proceso de adaptación olfativa.

*Opiniones de los participantes al finalizar los talleres (etapa 4)*

En la última etapa de cada taller se pidió a los participantes su opinión escrita acerca de las actividades realizadas y su potencial utilización en las clases. Los resultados se presentan en la tabla 6 como porcentajes, en función de siete categorías en las que pudieron agruparse dichas opiniones. El total supera el 100 % porque cada una de las 87 opiniones aportaba datos para más de una categoría.

Tabla 6.

Relevamiento de las opiniones escritas por cada participante del taller. Asignación a siete categorías

<i>Categorías provenientes de las opiniones escritas de los participantes de los talleres</i>	%
1. Llevaría la propuesta al aula	78
2. Sería útil como disparador para trabajar temáticas del currículo actual	52
3. Me permitiría incorporar experimentos/experiencias a mis clases	51
4. Me permitiría hacer la clase más dinámica y entretenida	41
5. Sería una propuesta capaz de estimular el interés de mis estudiantes	37
6. Me permitiría mantener la atención de mis alumnos	32
7. Me parece innovadora; la propuesta se diferencia de la clase tradicional	14

Un 78 % de los participantes manifestaron que se trató de una propuesta didáctica que podría ser llevada al aula (categoría 1). Un 52 % valoraron la propuesta como disparadora de temáticas curriculares relacionadas (categoría 2); un 51 y 41 %, respectivamente, valoraron que la propuesta permite incluir experiencias y permitiría hacer más dinámica la clase (categorías 3 y 4). Un 69 % valoraron la posibilidad de estimular el interés y la atención de los estudiantes (categorías 5 y 6). Un 14 % consideraron que se trató de una propuesta innovadora (categoría 7). No se registraron opiniones desfavorables.

La figura 1 muestra seis transcripciones textuales –a modo de ejemplo– de respuestas escritas completas, representativas de las categorías mencionadas en la tabla 6.

- «Creo que se podría aplicar en las clases de biología de 1.º a 3.º año ya que las experiencias se relacionan directamente con los temas y se proponen nuevas fuentes de conocimiento que pueden ser más significativas que el análisis teórico solamente» (categorías 1, 2 y 3).
- «Yo la podría usar como otra manera de enseñar estímulos, procesamientos y respuestas que se da en 3.º año del nivel medio. Me resulta más didáctica y divertida para la comprensión que la manera habitual» (categorías 1, 2, 4 y 7).
- «El enfoque desarrollado en este taller se podría utilizar en varias temáticas de biología porque permite desde el inicio atrapar a los alumnos, mantenerlos atentos para comparar o corregir sus respuestas. El enfoque es muy dinámico porque presenta, además, experiencias sencillas» (categorías 2, 3, 4, 5 y 6).
- «Mis chicos son muy de dispersarse. Sin embargo, tal vez con esta actividad puedan prestar más atención» (categoría 6).
- «Se podrían implementar estas actividades en el aula ya que los estudiantes se entusiasmarían y sería posible que construyan su propio conocimiento. Aparte son divertidas y se sale de las clases estáticas y más bien tradicionales, en las cuales, además, los alumnos no llegan a comprender cabalmente los conocimientos» (categorías 1, 5 y 7).
- «Me sirve para cuando vemos química de alimentos y en compuestos aromáticos. También como “clase especial” para enganchar a los cursos que no me prestan atención» (categorías 2 y 6).

Fig. 1. Seis ejemplos de respuestas completas y representativas expresadas por escrito en el relevamiento final de opiniones de los participantes de los talleres.

## DISCUSIÓN

Los resultados de la experiencia didáctica propuesta para la enseñanza del tema *sentidos químicos* indican que fue exitosa. La valoración del éxito de esta propuesta se basa en las siguientes consideraciones:

### Las respuestas de los participantes a la encuesta inicial

Como se observa en las tablas 1-5, se registró una buena dispersión de porcentajes en la elección de las opciones planteadas para cada pregunta. La diversidad de respuestas obtenidas revela el éxito logrado en el diseño de la EI, es decir, en el instrumento didáctico generado *ad hoc* en función de las consideraciones del MACCS. Este instrumento resultó muy efectivo por dos motivos. Por un lado, todas las opciones de respuestas fueron elegidas, poniendo en evidencia que expresaban representaciones mentales o argumentos establecidos en las mentes de los participantes ya fuera por conocimiento previo, intuición, falta de discriminación precisa del vocabulario o simplemente como respuesta al «sentido común». Por otro lado, la posibilidad de poder elegir más de una opción correcta para cada pregunta puso en jaque las ideas previas de los participantes, fuertemente arraigadas, con relación a que «debe encontrarse una sola respuesta correcta». La consigna de poder elegir más de una opción les resultó novedosa y, a su vez, una oportunidad para lograr un clima distendido, desde una aproximación más lúdica donde cabía la duda frente a la toma de conciencia sobre lo que ellos sabían, creían o creían saber.

### Las respuestas emocionales de los participantes durante el desarrollo del taller

El momento del relevamiento oral de defensa de las distintas opciones de respuestas elegidas –o no– durante la etapa 1 resultó particularmente movilizador para los participantes: la evidencia de dispersión de las opciones elegidas por las demás personas resultó siempre llamativa, y sorprendente la variedad de argumentos. Así, aunque cada individuo estaba convencido de haber elegido la(s) opción(es) correcta(s), las explicaciones sobre los motivos de elección de los otros participantes eran argumentaciones que les resultaban también aceptables o posibles. La sensación general luego del relevamiento de cada pregunta se resumía en una demanda de la audiencia: «Pero, entonces... ¿cuál es la respuesta correcta?!». A continuación, la docente aportaba la información científica necesaria y/o proponía la realización de una experiencia pertinente. La atractiva y asombrosa experimentación con sus propios sentidos del gusto y del olfato resultó siempre motivadora.

Estas situaciones de gran impacto cognitivo y motivacional se reiteraban en cada pregunta. Cabe destacar dos aspectos: por un lado, la motivación por recibir más información, por saber más, generada tras el relevamiento de la diversidad de representaciones mentales, opiniones, saberes y argumentaciones alternativas de los sujetos participantes. Por otro, la posibilidad de emitir opiniones en un ambiente ameno, donde no habría errores vergonzantes, ni condenas por equivocarse, ni presión por acertar en las opciones, y donde se podía aprender a partir de «errores constructivos» (Galagovsky, 2011). Es decir, la seguridad en la respuesta elegida por cada individuo fue confrontada permanentemente por la evidencia de la amplia variedad de otras elecciones. Así, surgieron en ellos conflictos cognitivos motivadores, siendo los propios participantes los que demandaban a la docente satisfacer sus inquietudes para entender cuáles serían las opciones de respuestas correctas y comprender el fundamento de los resultados de cada experiencia realizada.

Luego de cada bloque de trabajo (referido a cada pregunta de las tablas 1-5), sin necesidad de una evaluación formal, ni una consigna de autoevaluación, los participantes fueron conscientes de la adecuación o no de sus ideas y conocimientos previos, de sus prejuicios, de cómo debieron modificarlos a conceptos sostenidos correctos, para construir sus nuevos conocimientos. Algunos participantes pudieron expresar claramente su asombro ante las argumentaciones de otros participantes, poniendo en eviden-

cia la fuerza de las representaciones mentales idiosincrásicas que actúan, muy frecuentemente, como obstáculos en la comunicación y/o en el aprendizaje (Garófalo, 2010). La posibilidad de «cometer errores» pudo ser vivenciada como una etapa de emoción positiva, al poder autorregularse y autocuestionarse, en oposición a la tradicional sensación negativa proveniente de una «corrección externa».

En síntesis, el clima del taller fue cordial y los participantes pudieron reflexionar y explicitar sus propios conflictos cognitivos, sin la sensación de vergüenza frecuentemente asociada al «no saber». Es decir, la función del conflicto cognitivo como dispositivo didáctico previsto por el MACCS reveló su importancia, tanto en su fase de impacto cognitivo como comunicacional.

### Los comentarios por escrito de los participantes al finalizar el taller

El impacto emocional descrito durante las etapas 2 y 3 es cualitativo y totalmente subjetivo, en tanto y en cuanto fue registrado no formalmente por las dictantes de cada taller, autoras de este trabajo. Este impacto positivo fue susceptible de ser cuantificado en el análisis de las opiniones escritas por cada participante al finalizar cada taller. Efectivamente, los resultados categorizados en la tabla 6 y ejemplificados en la figura 1 muestran que se trató de una propuesta valorada y apreciada por los 87 participantes.

Así mismo, los comentarios finales de los participantes dan cuenta de que actuales y futuros profesores tienen conciencia acerca de que la modalidad tradicional de enseñanza de ciencias naturales no logra captar la atención de los estudiantes y de que existe una necesidad de transformar las prácticas docentes.

## CONCLUSIONES

La propuesta didáctica presentada, diseñada en función de consideraciones modelo-teóricas (Galagovsky, 2004a,b), ha mostrado ser exitosa, teniendo en cuenta los siguientes aspectos relevantes:

- a) la importancia de la toma de conciencia sobre los propios errores a partir de situaciones en las que se plantean dudas, como conflictos cognitivos conscientes provenientes de la confrontación entre las ideas propias y las de los otros compañeros;
- b) la fuerza motivacional de tener dudas en las elecciones de opciones de respuestas sin sentirse abrumado por la idea de un castigo al equivocarse;
- c) el valor de una enseñanza que respete las respuestas de todos los participantes, independientemente de su carácter correcto o no, ya que estas son los conocimientos circulantes en las mentes de los participantes. Estas ideas, opiniones, conocimientos y representaciones mentales previas deberán moldearse en la discusión grupal cordial, hasta que se conviertan en los conceptos sostenidos adecuados para procesar la nueva información que ha de ser aprendida en forma sustentable;
- d) el valor de la posibilidad de aprender de los propios errores; de trabajar en una clase donde no se pone el eje en «premiar» a quienes eligieran las opciones correctas, sino a la capacidad de construir aprendizajes superando equivocaciones, modificando ideas previas;
- e) el valor del éxito del planteo de situaciones didácticas en las que existe más de un punto de vista posible y en las que los participantes están invitados a defenderlos, a tomar conciencia sobre sus propios conflictos cognitivos para poder resolverlos;
- f) la generación de motivación frente al aprendizaje, desencadenado por el diseño didáctico de las actividades.

Como conclusión final, cabe destacar que estas conceptualizaciones didácticas pueden replicarse sobre otros contenidos científicos mediante la elaboración de actividades e instrumentos *ad hoc*, derivados de una reflexión sobre cómo adaptar dichos contenidos a los supuestos subyacentes del marco teórico aquí descrito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÚRIZ-BRAVO, A. y IZQUIERDO, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 130-140.
- ARVIDSON, K. (1979). Location and variation in number of taste buds in human fungiform papillae. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 87(6), 435-442.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1979.tb00705.x>
- BENNETT, J. y LUBBEN, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 999-1015.  
<https://doi.org/10.1080/09500690600702496>
- BENNETT, J., LUBBEN, F. y HOGARTH, S. (2007) Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91, 347-370.  
<https://doi.org/10.1002/sce.20186>
- BRUNING, R., SCHRAW, G. y RONNING, R. (2002). *Psicología cognitiva e instrucción*. Madrid: Editorial Alianza.
- BUCK, L. (2000a). The Molecular Architecture of Odor and Pheromone Sensing in Mammals. *Cell*, 100(6), 611-618.  
[https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(00\)80698-4](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(00)80698-4)
- BUCK, L. (2000b). Smell and taste: the chemical senses. En Kandel, E. R., Schwartz, J. H. y Jessell, T. M. (Eds.), *Principles of Neural Science*. New York: McGraw-Hill.
- CAAMAÑO, A. (2011) Enseñar Química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21-34.
- CAAMAÑO, A. (2015). Del CBA i el CHEM a la química en context: un recorregut pels projectes de química des dels anys setanta fins a l'actualitat. *EduQ*, 20, 13-24.
- CARRIÓ, M. y COSTA, M. (2017). ¡Ha desaparecido un ratón! ¿Nos ayudáis a buscar al culpable? Análisis del impacto didáctico y emocional de un encargo ficticio. *Enseñanza de las ciencias*, 35(3), 151-173.
- CASÁVOLA, H., CASTORINA, A., FERNÁNDEZ, S. y LENZI, A. (1984). El rol constructivo de los errores en la adquisición de los conocimientos. Aportes para una teoría de los aprendizajes. En Castorina, A. et al. (Eds.), *Psicología Genética. Aspectos Metodológicos e implicancias pedagógicas*. Buenos Aires: Miño y Dávila.
- CHANDRASHEKAR, J., HOON, M. A., RYBA N. J. P. y ZUKER, C. S. (2006). The receptors and cells for mammalian taste. *Nature*, 444, 288-294.  
<https://doi.org/10.1002/ffj.2041>
- COLLINGS, V. B. (1974). Human taste response as a function of locus of stimulation on the tongue and soft palate. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 169-174.  
<https://doi.org/10.3758/bf03203270>
- DRAKE, N. (2011). Life: Dolphin can sense electric fields: Ability may help species track prey in murky waters. *Science News*, 180(5), 12-12.  
<https://doi.org/10.1002/scin.5591800512>
- DUFFY, V. B. y BARTOSHUK, L. M. (2000). Food acceptance and genetic variation in taste. *Journal of the American Dietetic Association*, 100(6), 647-55.  
[https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(00\)00191-7](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(00)00191-7)
- ENJIN, A. et al. (2016). Humidity Sensing in Drosophila. *Current Biology*, 26(10), 1352-1358.  
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.03.049>

- FIRESTEIN, S. (2001). How the olfactory system makes sense of scents. *Nature*, 413, 211-218.  
<https://doi.org/10.1038/35093026>
- FOLEY, H. y MATLIN, M. (2010). *Sensation and Perception*. 5th edition. Oxford: Taylor & Francis.
- GALAGOVSKY, L. (2004a). Del Aprendizaje Significativo al Aprendizaje Sustentable. Parte 1: el modelo teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), 229-240.
- GALAGOVSKY, L. (2004b). Del Aprendizaje Significativo al Aprendizaje Sustentable. Parte 2: derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 349-364.
- GALAGOVSKY, L. (2011). *Didáctica de las Ciencias Naturales. El caso de los modelos científicos*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- GARÓFALO, S. J. (2010) Obstáculos epistémicos de aprendizaje del tema metabolismo de Hidratos de Carbono. Un estudio transversal. (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- GARRITZ, A. (2015). PCK for dummies. Part 2: Personal vs Canonical PCK. *Educación química*, 26(2), 77-80.  
<https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.001>
- GESS-NEWSOME, J. y LEDERMAN, N. G. (Eds.). (1999) *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- GILBERT, J. K., BULTE, A. M. W. y PILOT, A. (2011). Concept Development and Transfer in Context-Based Science Education. *International Journal of Science Education*, 33(6), 817-837.  
<https://doi.org/10.1080/09500693.2010.493185>
- IKEDA, K. (2002). New Seasonings. *Chemical Senses*, 27(9), 847-849.  
<https://doi.org/10.1093/chemse/27.9.847>
- KELLER, J. (2010). *Motivational design for learning and performance. The ARCS model approach*. Berlín, Alemania: Springer.
- KÖSTER E. P. y de WIJK R. A. (1991). Olfactory Adaptation. En Laing D. G., Doty R. L., y Breipohl W. (Eds.), *The Human Sense of Smell*. Berlin: Springer.
- LOPE, S., DOMÉNECH, M., JUAN, X., COLOM, J. y CABELLO, M. (2005). Biología Salters – Nuffield: Biología en contexto para el bachillerato. *Alambique*, 46, 80-92.
- MARBÀ, A. y MÁRQUEZ, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a 4º de ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 19-30.
- MARCHÁN, I. y SANMARTÍ, N. (2015). Potencialitats i problemàtiques dels projectes de química en context. *Educació Química*, 20, 4-12.
- MATSUO, R. (2000). Role of saliva in the maintenance of taste sensitivity. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 11(2), 216-29.  
<https://doi.org/10.1177/10454411000110020501>
- MELLADO, V. et al. (2014) Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36.
- MERONI, G., COPELLO, M. I. y PAREDES, J. (2015). Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación Química*, 26(4), 275-280.
- MIRANDA, C. y ANDRÉS M. M. (2012). Enseñanza de la física en un contexto de producción social, basada en el diálogo de saberes. Caso la ruta del cacao. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 7(2), 30-40.
- MOJET, J., CHRIST-HAZELHOF, E. y HEIDEMA J. (2001). Taste Perception with Age: Generic or Specific Losses in Threshold Sensitivity to the Five Basic Tastes? *Chemical Senses*, 26(7), 845-860.  
<https://doi.org/10.1093/chemse/26.7.845>

- NENTWIG, P. M. y DEMUTH, R. (2007). Chemie im Kontext: Situating Learning in Relevant Contexts while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*, 84(9), 1439-1444.  
<https://doi.org/10.1021/ed084p1439>
- OTERO, M. R. (2006). Emotions, feelings and reasoning in science education. *Revista electrónica en Educación de las Ciencias*. 1(2), 24-53.
- PERRENOUD, P. (2006). *El oficio de alumno y el sentido del trabajo escolar*. Madrid: Editorial Popular.
- PLANA, O., CAAMAÑO, A., ENRECH, M., PONT, J. y PUE-YO, L. (2005). La física Salters: un proyecto para la enseñanza contextualizada de la física en el bachillerato. *Alambique*, 46, 93-102.
- POZO, J. I. (2007). Ni cambio ni conceptual: la reconstrucción del conocimiento científico como un cambio representacional. En Pozo, J. I. y Flores, F. (Eds.), *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia*. Madrid: Antonio Machado Libros.
- PROCTOR, R. W. y PROCTOR, J. D. (2006). Sensation and Perception. En Salvendy, G. (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, 3rd edition. NJ, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- PROSKE, U. y GANDEVIA, S. C. (2012). The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. *Physiology Reviews*, 92(4), 1651-1697.  
<https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
- PURVES, D., AUGUSTINE, G. J. y FITZPATRICK, D. (Eds.). (2001). *Neuroscience*. 2nd edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates.
- RAMSDEN, J. M. (1997). How does a context-based approach influence understanding of key chemical ideas at 16+? *International Journal of Science Education*, 19(6), 697-710.  
<https://doi.org/10.1080/0950069970190606>
- REED, D. R. (2008). Birth of a New Breed of Supertaster. *Chemical Senses*, 33(6), 489-491.  
<https://doi.org/10.1093/chemse/bjn031>
- ROZIN, P. (1982) Taste-smell confusions and the duality of the olfactory sense. *Perception & Psychophysics*, 31, 397.  
<https://doi.org/10.3758/bf03202667>
- SANMARTÍ, N., BURGOA, B. y NUÑO, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique*, 67, 62-69.
- SANMARTÍ, N. y MARCHÁN, I. (2015). La educación científica del siglo XXI: Retos y propuestas. *Investigación y Ciencia*, 469, 30-39.
- SHULMAN, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.  
<https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- SMALL, D. M. y PRESCOTT, J. (2005). Odor/taste integration and the perception of flavor. *Experimental Brain Research*, 166, 345-357.  
<https://doi.org/10.1007/s00221-005-2376-9>
- SMALL, D. M., VOSS, J., MAK, Y. E., SIMMONS, K-B., PARRISH, T. y GITELMAN, D. (2004). Experience-dependent neural integration of taste and smell in the human brain. *Journal of Neurophysiology*, 92(3), 1892-1903.  
<https://doi.org/10.1152/jn.00050.2004>
- STEVENS, J. C., BARTOSHUK, L. M. y CAIN, W. S. (1984). Chemical senses and aging: taste versus smell. *Chemical Senses*, 9(2), 167-179.  
<https://doi.org/10.1093/chemse/9.2.167>

- SU, C-Y., MENUZ, K. y CARLSON, J. R. (2009). Olfactory Perception: Receptors, Cells, and Circuits. *Cell*, 139(1), 45-59.  
<https://doi.org/10.1016/j.cell.2009.09.015>
- SUTMAN, F. X. y BRUCE M. H. (1992). Chemistry in the community-ChemCom. A five-year evaluation, *Journal of Chemical Education*, 69(7), 564-567.  
<https://doi.org/10.1021/ed069p564>
- VERHAGEN, J. V. y ENGELEN, L. (2006). The neurocognitive bases of human multimodal food perception: Sensory integration. *Neuroscience Biobehaviour Reviews*, 30, 613-650.  
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.11.003>
- WU, L-Q. y DICKMAN, J. D. (2012). Neural Correlates of a Magnetic Sense. *Science*, 336, 1054-1057.  
<https://doi.org/10.1126/science.1216567>

## ANEXO I

*Figura AI.* Grilla acompañante de la encuesta inicial (EI) para que los participantes volcaran sus respuestas.

<i>Elige, de entre las posibles respuestas para cada pregunta de la encuesta, la/s que te parece/n correctas y márcalas en esta grilla.</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
1. Los sentidos en los seres humanos...					
2. Nuestra capacidad para sentir gustos...					
3. Individuos pueden tener distintas sensibilidades frente al mismo gusto porque...					
4. Cuando estamos resfriados es difícil distinguir el sabor de los alimentos porque...					
5. Luego de un tiempo expuestos a un aroma intenso dejamos de percibirlo porque...					

## ANEXO II

*Cuadro AII.* Listado y detalle de las experiencias realizadas como complemento de la discusión teórica de cada pregunta de la encuesta inicial (EI).

<i>Experiencia</i>	<i>Descripción</i>
Lengua seca	Se utiliza una servilleta de papel limpia para secarse la lengua. Se prueba una pizca de azúcar y luego se traga. Se compara la capacidad de percibir el gusto dulce. Los participantes comprueban que es necesario que el azúcar esté disuelto en la saliva para que pueda detectarse. Con la lengua seca esto no es posible. Al tragar, la zona posterior de la lengua y la parte superior de la garganta (donde también tenemos papilas gustativas) están húmedas y permiten sentir el dulzor.
Cuestionar el mapa de la lengua	Se coloca una pizca de sal en la punta de la lengua (según el «mapa» allí se sienten los gustos dulces). Los participantes comprueban que son capaces de percibir el salado aunque la sal se encuentre en la punta de la lengua.
Contando papilas	Se colorea la lengua con colorante alimentario azul para que queden en evidencia las papilas gustativas (como protuberancias color rosa). Se coloca sobre la punta de la lengua un cartón con un agujero de perforadora estándar (6 mm). Con una lupa se cuenta el número de papilas en esa sección. Los participantes comprueban que el número de papilas es muy variable entre individuos.
Nariz tapada	Se come un caramelo masticable sin ver el color del envoltorio con la nariz tapada y se verifica la incapacidad de percibir el sabor. Los participantes comprueban que, sin acceso a la información visual y olfativa, es posible detectar, por ejemplo, si un alimento es dulce, pero es muy difícil identificar su sabor (frutilla, ananá, etc.).
Borrador de olores	Se preparan dos recipientes: uno contiene solamente canela (1) y otro una mezcla de canela y cacao en polvo (2). Se huele primero el recipiente 2 (en general solo se percibe el aroma a la canela). Luego durante cinco segundos se huele el recipiente 1 y, rápidamente, se vuelve a oler el recipiente 2. Los participantes comprueban que, gracias a la adaptación olfativa, cuando se vuelve al recipiente 2 ya no se percibe el aroma de la canela y eso permite detectar el aroma del cacao en la mezcla.

---

# Teaching about *chemical senses*. Inquiry into a motivating experience

Valeria Edelsztein

Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, Argentina.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

valeriae@conicet.gov.ar

Lydia Galagovsky

Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias (CEFIEC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA), Buenos Aires, Argentina.

lyrgala@qo.fcen.uba.ar

This work shows a model of experiential, non-traditional teaching on the subject *chemical senses*. It is a didactic experience planned according to the Sustainable Conscious Cognitive Learning Model (MACCS), which promotes the reflection on ideas or previous knowledge which is totally or partially erroneous to transform it into appropriate support concepts.

The experience that we present refers to the results from the implementation of four three-hour classroom workshops in which 87 teachers, in service and in training, belonging to the areas of biology, chemistry, physics and mathematics of middle school, participated.

Each workshop consisted of four stages. The first stage included the resolution of an initial survey based on the ideas, opinions and previous knowledge of the participants. This didactic tool constructed *ad hoc* consisted of five questions with five possible answers, each option being a plausible argument for the audience. The second stage was centered in the promotion of the appearance and recognition of constructive errors in the participants themselves from the discussions with input of theoretical material. Then, in stage three, simple experiences about chemical senses and perception were presented to reinforce theoretical contents. All participants had the opportunity to experiment with their own senses of taste and smell. Finally, in the last stage, participants were asked to respond if they thought it feasible to work with this approach in high-school classrooms and to point out the main advantages and disadvantages that could be anticipated regarding such implementation.

The didactic experience proposed for teaching the topic *chemical senses* was successful. The assessment of the success is based on the diversity of responses obtained in the initial survey that reveals the success achieved in the design of the didactic instrument according to the MACCS, and the emotional responses of the participants during the development of the workshop as well as their final written comments that reveal the great cognitive and motivational impact of this experience. This impact has been achieved by taking into account the importance of raising conscious cognitive conflicts from the confrontation between one's own ideas and those of other colleagues, the motivational force and the value of the possibility of learning in a class that is not centered in the «reward» for those who choose the right options but in the ability to learn to overcome one's mistakes by modifying previous ideas and the value of present didactic situations in which there is more than one possible point of view.

These didactic conceptualizations can be replicated on other scientific contents through the elaboration of activities and *ad hoc* instruments, derived from a reflection on how to adapt said contents to the underlying assumptions of the theoretical framework described here.