

# REVISION

## La cuestión de las sensaciones gustativas básicas

PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA  
ISSN 0124-4108

Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia  
Vol. 17, N° 2, julio-diciembre de 2015, p. 185-194

Artículo recibido: 23 de febrero de 2015

Aprobado: 15 de julio de 2015

Norma Constanza López-Ortiz<sup>1</sup>

### Resumen

**Antecedentes:** existe interés en conocer la posible influencia de la percepción del gusto, y su efecto sobre la elección de la dieta y la conducta alimentaria. **Objetivo:** conocer los factores que modulan la percepción de los gustos básicos y su relación con el consumo de alimentos. **Materiales y métodos:** se hizo una búsqueda bibliográfica en bases de datos: Science Direct, Medline y Pubmed, sobre la sensación del gusto, sin considerar lo que se denomina el flavor. **Resultados:** se ha avanzado en las bases fisiológicas de los gustos básicos: dulce, salado, ácido, amargo y umami, recientemente se ha propuesto el gusto graso, pero aún no hay consenso al respecto. El gusto y la selección de alimentos dependen de factores genéticos, las primeras experiencias con estímulos sápidos, incluso antes de nacer, factores culturales, sociales, individuales y otros relacionados con el alimento. No se ha podido demostrar asociación entre consumo excesivo de alimentos hipercalóricos con la sensibilidad gustativa, ni sobre esta última con la obesidad. **Conclusión:** el efecto de la percepción del gusto sobre el consumo de alimentos y su relación con la obesidad, aun es motivo de controversia. Se recomienda educar en la infancia sobre las percepciones gustativas, con el fin de adquirir buenos hábitos alimentarios.

**Palabras clave:** gusto, sabor, dulce, acidez, grasa, amargo, umami, conducta alimentaria.

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.  
nclopezo@unal.edu.co

Como citar este artículo: López-Ortiz NC. La cuestión de las sensaciones gustativas básicas. *Perspect Nutr Humana*. 2015;17: 185-194.

DOI:10.17533/udea.penh.v17n2a07

## Abstract

**Background:** There is interest in discovering more about the possible influence in taste perception and its effect in dietary selection and food behaviors. **Objective:** Explore the factors that alter perceptions of taste and their relationship with food consumption. **Materials and methods:** A literature review was performed using scientific databases: Science Direct, Medline y Pubmed on the subject of taste, regardless of dominant flavors. **Results:** Progress has been made on the physiological basis of the basic tastes: sweet, salty, sour, bitter and umami. It has recently been proposed to add a “fatty” taste but as of now no consensus exists. Taste and food selection depend on genetic factors, first experiences with sapid stimuli, even before birth, as well as cultural, social, individual and other factors related to food. An association between consumption of high-calorie foods and taste sensitivity has not been demonstrated, nor taste sensitivity with obesity. **Conclusion:** The effect of taste perception on food consumption and any relation with obesity continues to be controversial. It is recommended to educate from a young age on taste perception, with the goal of acquiring healthy food habits.

**Key words:** taste, flavor, sweet, acidity, fatty, bitter, umami, feeding behavior.

## INTRODUCCIÓN

El incremento de la prevalencia de sobrepeso y obesidad a nivel mundial se ha considerado una pandemia. El número de personas con sobrepeso y obesidad en el mundo aumentó de 857 millones a 2.100 millones entre 1980 y 2013 (1). La obesidad incrementa la probabilidad de padecer cardiopatía coronaria, accidente cerebrovascular, hipertensión arterial, diabetes mellitus, cáncer de mama, cáncer de colon, litiasis vesicular y artritis. Cada año fallecen alrededor 3,4 millones de personas adultas como consecuencia del sobrepeso o la obesidad, que agrupados constituyen el sexto de los principales factores de riesgo de defunción en el mundo (2).

Aunque se sabe que la obesidad es una enfermedad multifactorial, en la que pueden estar involucrados aspectos socioculturales, metabólicos, psicológicos y genéticos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce como factores fundamentales, los cambios en el estilo de vida, entre

ellos la dieta y la actividad física. El consumo de alimentos con alto contenido de carbohidratos de absorción rápida, elevado índice glucémico y abundante en grasas saturadas, constituye uno de los factores condicionantes en la aparición de la obesidad y el sobrepeso (3).

Mientras que los estímulos visuales relacionados con los alimentos son muy importantes en el proceso de la ingesta de alimentos, el gusto es también un estímulo muy potente e importante. El uso de imágenes de resonancia magnética funcional, para observar la respuesta neuronal a estímulos sápidos en los individuos propensos a la ganancia de peso y la obesidad, ha puesto de manifiesto la importancia del aprendizaje y el condicionamiento a los estímulos nutricionales (4). Estudios recientes han revelado que las moléculas relacionadas con el gusto, tienen un papel importante tanto en la cavidad bucal, como también en otros tejidos relacionados con el tracto respiratorio, el estómago, los intestinos, el páncreas, el hígado, los riñones y el cerebro (5).

Aunque el ligando que se une a cada receptor y despolariza la célula receptora es común, el tipo de célula en el cual el receptor se encuentra determinará su papel fisiológico. Por lo tanto, se propone que la sensibilidad oral podría servir como un predictor para la respuesta sistemática a un estímulo dado (6). El objetivo de este estudio es conocer los factores que modulan la percepción de los gustos básicos y su relación con el consumo de alimentos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se hizo una revisión del tema del sentido del gusto, realizando la consulta en las bases de datos: Science Direct, Medline y Pubmed, de artículos publicados entre 2005 y 2015. También se consultaron textos sobre análisis sensorial y bioquímica. En la búsqueda se utilizaron los términos: sabor, obesidad, dulce, amargo, grasa y ácido. Se combinaron los términos entre sí. El criterio para la selección de artículos fue la relevancia del tema tratado, especialmente por el soporte experimental y con información pertinente. Algunas publicaciones de años anteriores a 2005, se tuvieron en cuenta dada la vigencia del tema.

### **El sentido del gusto**

Desde una perspectiva evolutiva, se postula que el sistema del gusto humano funciona como un guardián del sistema digestivo para asegurar el consumo de nutrientes esenciales para la supervivencia y el funcionamiento del organismo, al tiempo que se rechazan los alimentos potencialmente dañinos o tóxicos (7). En las microvellosidades de las células receptoras del gusto en donde se lleva a cabo el proceso de transducción sensorial (estímulo químico o eléctrico) (8) se ha puesto de manifiesto la participación de la proteína G transducina, de unión a guanosín trifosfato (GTP) y la existencia de receptores acoplados a

esta proteína dando lugar a la generación de segundos mensajeros. Estos receptores de manera típica tienen siete dominios hidrofóbicos que atraviesan la membrana plasmática. Corresponden a siete hélices interconectadas que se extienden en la bicapa lipídica (9). El avance en el estudio de los receptores gustativos, ha llevado a aceptar la existencia de cinco gustos básicos: dulce, salado, ácido, amargo y umami (10-11). De éstos, el dulce, el amargo y el umami son detectados por dos familias de receptores acoplados a proteínas G (GPCRs) que corresponden a los receptores T1Rs y T2Rs. En contraste, los canales iónicos detectan las especies químicas que se perciben como ácidas y saladas (5). Pruebas psicofísicas de umbrales de detección demuestran la existencia del gusto a grasa ocasionado por ácidos grasos de diferente longitud de cadena (12) y diferente saturación como el esteárico, el oleico, y el linoleico (13) además se han ido comprendiendo los mecanismos de señalización (14-16) probando la existencia de los receptores GPR120, GPR40 y una glicoproteína CD36 ubicada en las papilas gustativas (17).

Los estudios realizados en las últimas dos décadas han ampliado considerablemente la comprensión de las bases fisiológicas de la detección de la grasa de la dieta. Sin embargo, todavía existen lagunas en este conocimiento. La evidencia sugiere que tanto el gusto, la textura y el olfato participan en diversos grados en la detección de alimentos grasos a partir de ácidos grasos libres en la cavidad oral y aún existen elementos claves que deben ser abordados para considerar la grasa como un gusto básico (18).

### **El papel de los gustos básicos en la alimentación**

El gusto dulce puede describirse como un estímulo orosensorial válido como predictor de la ingesta calórica dietaria y en los humanos empieza

con la leche materna (19). Los receptores T1R2 y T1R3, se encuentran también en el intestino y al ser estimulados se libera el péptido similar al glucagón tipo 1 (GLP-1) y el péptido inhibidor gástrico (GIP por sus siglas en inglés), dos hormonas que aumentan la absorción de glucosa y regulan el metabolismo (20). Se ha discutido que, con el desarrollo y uso creciente de edulcorantes no calóricos, la exposición a los gustos dulces, que no están asociados con contenidos calóricos o nutritivos, puede traer consecuencias negativas para la salud. Por ejemplo, el síndrome metabólico, la diabetes y la enfermedad cardiovascular, debido a la posibilidad de que puedan promover la ingesta de alimentos. De acuerdo con los principios de condicionamiento pavloviano, el consumo de edulcorantes no nutritivos no sirven como predictores consistentes de ingesta calórica y esto podría conducir a una disminución en la capacidad del dulce para evocar respuestas fisiológicas que sirven para regular el equilibrio de la energía y la temperatura (21).

Basándose en estudios *in vitro*, se llegó a la conclusión de que tras la ingestión de edulcorantes no nutritivos, no se aumenta la secreción de hormonas de la saciedad al no activarse el transportador de glucosa SGLT-1 (22). Algunos estudios han sugerido una relación entre pérdida de peso y cambios en la sensibilidad al gusto dulce, el umbral de detección del dulce mejoró en mujeres que bajaron de peso y sus niveles de leptina sérica disminuyeron. Por lo tanto, la leptina, una hormona que regula el apetito, puede modular el reconocimiento del gusto dulce (23). Un gusto dulce y agradable, se asocia con la activación de las regiones del cerebro, importantes en las propiedades gratificantes y hedónicas de alimentos, y se ha demostrado que esas regiones del cerebro están alteradas en los obesos (24-25). Es importante destacar que la respuesta al estímulo de la sacarosa, es más fuerte en los hombres que en las mujeres, lo que

plantea preguntas sobre el efecto de las hormonas sexuales, en la respuesta del cerebro a los alimentos (4).

Se ha propuesto que las preferencias de los gustos dulce y graso, están relacionadas con diferentes patrones psicológicos en la obesidad. La preferencia por el dulce se ha asociado con los rasgos de personalidad, mientras que la preferencia al gusto graso, se ha ligado a la conducta alimentaria. Parece existir una relación recíproca, entre el consumo excesivo de alimentos de alta densidad energética y la respuesta hedónica que, a su vez, altera la sensibilidad gustativa y promueve la obesidad (16). Dietas bajas en grasa o sea  $\leq 20\%$  del valor calórico total (VCT) mejoran el umbral de detección de grasa, comparado con dietas altas en grasa ( $\geq 45\%$ VCT). Se sugiere que las diferencias en la sensibilidad del gusto a los ácidos grasos puede ser el resultado de adaptación gustativa a una dieta alta en grasa y puede contribuir a un exceso de consumo de grasas debido a una respuesta atenuada al gusto en personas obesas (26).

Sin embargo, la relación entre la percepción del gusto y la obesidad está lejos de ser clara; así lo manifiestan otros autores que no consideran apropiadas estas asociaciones, dada su complejidad (27-28). Las preferencias alimentarias y la elección de la dieta son el resultado de muchos factores que interactúan. Algunos intentos por ligar estos factores se han centrado en la percepción del gusto en los niños. También se ha relacionado la composición de las proteínas salivares y la predicción por la preferencia de un gusto en particular (29). De todas maneras, un mejor conocimiento sobre la posibilidad de influir sobre las preferencias sensoriales y la capacidad de discriminación ayudaría a la prevención de la obesidad y el sobrepeso (30).

El umami nombre dado por Ikeda, quien investigó el aminoácido responsable del gusto característico de los caldos básicos preparados con *konbu*

(alga marina deshidratada), ya que allí se podía identificar el umami con mayor facilidad (31); en varios alimentos se reconoce, por ejemplo en la leche materna (32), el pescado (33), los champiñones (34), el tomate y otros vegetales (35).

El ácido glutámico es multifuncional, desempeña un papel clave en la neurotransmisión central, en el metabolismo intermedio de los carbohidratos y representa el principal ligando que tiene el gusto umami, es uno de los principales constituyentes de proteínas de la dieta y también se consume en alimentos preparados como un potenciador del gusto en forma de sales de glutamato. El umami hace que algunos alimentos sean más palatables y por esto se añade con frecuencia para mejorar el gusto. Por lo anterior, ha sido asociado con el aumento de la ingesta de alimentos y por tanto como causante de obesidad. Sin embargo, se mostró que cuando se añade glutamato monosódico (GMS), los consumidores aumentan el consumo de alimentos importantes como sopas y vegetales, seguido por una disminución del consumo de alimentos servidos posteriormente, como postres. Las mismas observaciones se repitieron en pacientes diabéticos hospitalizados (36); similares resultados se encontraron en el consumo de sopas adicionadas con Inosina 5'-monofosfato y GMS (37). Curiosamente, el uso de cantidades excesivas de glutamato no hace que la comida sepa mejor, en realidad empeora su gusto (38).

En especial, la aceptabilidad del gusto amargo ha sido relacionada con la composición de proteínas de la saliva de los bebés. Las bandas en el perfil electroforético que contienen lactoperoxidasa, prolactina y proteínas de tipo S cistatinas, se cree que pueden predecir la inclinación por el gusto amargo (29). Se han hecho importantes esfuerzos para determinar la base química del gusto ácido, aunque es generalmente aceptado que el pH y los ácidos orgánicos son responsables de esta sensa-

ción, todavía no es posible predecir y modificar el perfil del gusto ácido de un alimento. Es evidente que no existe una relación simple entre intensidad del gusto ácido y la concentración molar del ion hidrógeno, ni puede explicarse enteramente por otras variables, incluyendo la acidez titulable, la capacidad reguladora y la estructura química de las sustancias ácidas (39).

### **Evaluación sensorial de los gustos básicos**

El análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectúe. Existen dos tipos principales de pruebas: las afectivas y las analíticas. Las pruebas afectivas son subjetivas, deben realizarse con consumidores habituales o potenciales del producto y de ellas se espera obtener opiniones de agrado, preferencia o aceptabilidad. Las pruebas sensoriales analíticas pueden ser discriminativas o descriptivas y son consideradas objetivas. Deben llevarse a cabo con paneles de catación entrenados, bajo condiciones y factores controlados, para evitar los errores psicológicos, las respuestas sesgadas y para evitar la dispersión de los datos. En los métodos sensoriales analíticos se emplean escalas y descriptores con adjetivos que no implican gusto o disgusto personal. La determinación de los umbrales sensoriales de las sensaciones gustativas básicas, se realizan con pruebas analíticas discriminativas con métodos sicofísicos por medio de la degustación, basados en la teoría de detección de señales y más recientemente el modelo Thurstoniano, aplicado a las pruebas 3-AFC, de selección forzada de tres alternativas por sus siglas en inglés (3-Alternative forced choice) (40).

El método ascendente de límites identificado como E-679 de la American Society for Testing and Materials (ASTM) (41), es un método útil para estimar los umbrales del gusto.

## Sensaciones gustativas básicas

La norma ISO (42) recomienda usar disoluciones acuosas de sacarosa, cafeína, cloruro de sodio, ácido cítrico y glutamato monosódico, en las pruebas de catación para el entrenamiento en la detección y reconocimiento de las sensaciones gustativas básicas: dulce, amargo, salado, ácido y umami respectivamente.

En las pruebas de las sensaciones gustativas básicas, el dulce, el ácido y el salado, son infundibles. Sin embargo, cuando algunas personas prueban disoluciones de cafeína, no detectan ni reconocen su gusto. Esto es debido a que en algunas personas se presenta “ceguera al amargo”. La “ceguera al amargo” es una condición genética que se manifiesta al probar algunas sustancias notablemente amargas y las personas llamadas “no catadoras” no perciben el amargo.

El umami es un gusto básico. Pero no es común encontrar personas que estén familiarizados con ésta sensación. Una vez que lo reconocen, lo describen con otros nombres como sabroso, a pollo, a soda, a carne, a caldo, proteico, aminoácido y otros. En español, se debería nombrar con un solo descriptor como sucede con la descripción de los gustos dulce, ácido, salado y amargo. La sensación gustativa del umami, tiene muchos descriptores, comparativamente con los otros gustos básicos. La palabra umami es poco conocida en la lengua española. Además, el umami es llamado el quinto gusto, aunque las sensaciones gustativas no tienen un orden por sí mismas (31).

### La respuesta sensorial a los gustos básicos es subjetiva

La respuesta sensorial hacia los gustos básicos, puede ser medida con las llamadas escalas de caritas usadas en pruebas sensoriales con niños (43) incluso en adultos también se puede usar una escala hedónica fotográfica. A través de las expresiones faciales, se ha logrado conocer tanto

la calidad como la intensidad del estímulo de los gustos básicos. En un estudio sobre la respuesta humana a las sensaciones gustativas, se encontró que las sensaciones hedónicas negativas ocasionan reacciones faciales en los ojos y la frente. El estímulo ácido ocasiona fruncido de labios y el amargo fruncido de la frente. El amargo y el umami ocasionan la mayor reacción facial negativa, al aumentar su intensidad. Las reacciones placenteras disminuyen al aumentar la intensidad del estímulo de todos los gustos básicos. La combinación de las expresiones faciales y el análisis sensorial ayudará en un futuro al conocimiento en la percepción de los gustos básicos (44).

### Relación entre experiencias gustativas tempranas y la elección de los alimentos

Las evidencias sugieren que las primeras experiencias con estímulos sápidos, primero en el útero por medio del líquido amniótico y después con la leche materna o de fórmula, tienen impacto en la futura selección de la dieta. Al probar los alimentos, se empiezan a reconocer los sabores, a tener preferencias y a crear hábitos alimentarios. El grado en que se transmiten los compuestos relacionados con el gusto, son específicos de la dieta de la madre durante el embarazo, la lactancia y el período postnatal. A diferencia de los hallazgos en niños pequeños y mayores, los bebés aceptan nuevos gustos rápidamente. La exposición temprana a la variedad de sensaciones gustativas en la dieta puede mejorar los resultados a largo plazo destacando la necesidad de promover una dieta variada durante el embarazo y la lactancia (45). Por ejemplo, en edades entre 5 a 7 meses cuanto más se prefería un gusto dulce, amargo o umami, más aceptabilidad se tenía por algunos alimentos caracterizados por estos gustos (32). La variabilidad entre individuos en la preferencia por grupos de alimentos se resalta al hacer seguimiento comparativo con niños en edades de 2 a 3 años y luego en el inicio de la vida adulta ya que se con-

servó, demostrando la precocidad de la formación de la conducta alimentaria (46) y la necesidad de la exposición temprana a variedad de sensaciones gustativas.

## **Factores que influyen en la respuesta hedónica a las sensaciones gustativas**

### **Genéticos**

La preferencia por el gusto amargo parece tener origen genético; en la investigación referida por Yeomans y colaboradores (47) se llegó a la conclusión que los llamados súper catadores (sensibles al 6-n-propiltiouracilo PROP) y con alta densidad de las papilas gustativas, manifiestan menos agrado por el gusto dulce, que los no PROP o no catadores los cuales expresan más agrado por el gusto dulce, lo cual no puede ser explicado de manera cognitiva lo que parece indicar que esa predisposición genética por el gusto amargo se interrelaciona con la apetencia por el gusto dulce. Esta mayor sensibilidad predijo menor preferencia a las verduras en los niños, que muestran un efecto apreciable de la predisposición genética en la elección de alimentos (48). Sin embargo, estos estudios han tenido resultados contradictorios al concluirse que la preferencia por el gusto dulce adquirida por la costumbre de enmascarar el amargo adicionando azúcar y para mejorar la palatabilidad de algunas verduras podrían contribuir a las preferencias por los alimentos más dulces en la dieta (49).

Pruebas sensoriales con gemelos (50) muestran que la inclinación por los alimentos amargos está mediada por los genes, en lugar de los hábitos alimentarios de la familia. Aunque la influencia del factor genético, no se ha aclarado del todo. Actualmente, se propone que los factores culturales tienen una influencia más potente que los factores genéticos relacionados con los súper catadores PROP, indicando que la investigación en este tema

debe continuar (51). Se recalca que la familia y las instituciones educativas deben cumplir una función en cuanto a la promoción de la alimentación balanceada, sana y que permita el enriquecimiento de la memoria sensorial en colores, olores, sensaciones gustativas, texturas y sonidos.

*La temperatura a la que se prueba un alimento:* los alimentos se consumen a diferentes temperaturas. Se sabe que las sustancias que aportan el gusto umami como el glutamato monosódico, el inosinato de sodio y los 5' ribonucleótidos, servidos a temperatura mayores de 35°C, generan respuestas agradables; en cambio estas sustancias servidas a temperaturas menores de 25°C, no generan respuestas hedónicas (52).

*La clase de alimento:* por ejemplo, en bebidas como el café, el té, el chocolate y la cerveza, el gusto amargo es deseado. Sin embargo, no se desea en la leche y los productos lácteos, en la que el gusto amargo, así como el ácido se consideran un defecto que puede indicar crecimiento microbiano (53). Es bien conocido que en los medicamentos se trata de evitar o enmascarar el gusto amargo el cual puede llegar a ser un serio problema, sobre todo en los niños (54).

*La edad:* en la literatura se sugiere que la disminución en la agudeza sensorial en los adultos mayores, es debida a cambios en las papilas gustativas, tanto en volumen como en cantidad (55). La comparación de imágenes de resonancia magnética funcional durante la percepción del gusto dulce, de jóvenes entre 19 y 26 años de edad y adultos entre 45 y 54 años de edad, revela una mayor activación de la respuesta hedónica en adultos jóvenes, pero no con el gusto amargo. Se cree que estos resultados podrían reflejar tempranas diferencias relacionadas con la edad en el procesamiento central del gusto, que pueden ocurrir antes de presentarse déficit en la función gustativa observada en la vejez (56).

## Sensaciones gustativas básicas

Otros factores como el entorno social, el estado emocional y el estado fisiológico, pueden llevar a una mayor o menor ingesta de alimentos, porque todos estos factores se entrelazan entre sí.

## CONCLUSIONES

Los esfuerzos que se hacen para informar y educar en nutrición, deben comenzar en la infancia, dando la oportunidad de interiorizar la experiencia gustativa de los alimentos. El inicio de la alimentación con leche materna además de contener todos los nutrientes, aporta estímulos gustativos que el bebé reconocerá durante su vida. Todo indica que las experiencias sensoriales iniciales, son fundamentales porque hay evidencias que sugieren que estas experiencias impactan en las futuras preferencias de los alimentos. La educación sensorial

de las percepciones gustativas debería comenzar en la infancia, para adquirir buenos hábitos alimentarios y para contribuir a la disminución de los problemas de sobrepeso y obesidad que están afectando a la población. Evitar las dietas inadecuadas y poco saludables en los niños, implica socializar las experiencias gustativas y esto incluye el estudio del sentido del gusto, para luego profundizar en el desarrollo de preferencias alimentarias.

El conocimiento actual de las bases bioquímicas y fisiológicas del sentido del gusto ha avanzado en los últimos años. La percepción del gusto y la relación con los hábitos alimentarios, será un reto que se afrontará desde diferentes ámbitos científicos, ya que el tema es amplio y con diferentes elementos que involucran los diferentes factores que influyen en la respuesta a las sensaciones gustativas básicas.

## Referencias

1. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014;384:766-81.
2. OMS. Obesidad y sobrepeso. Ginebra; 2015. [citado abril de 2015]. Nota descriptiva, N°311. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/index.html>
3. OMS. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Ginebra; 2003. Serie de Informes Técnicos, N°916.
4. Cornier M, Shott M, Thomas E, Bechtell J, Bessesen D, Tregellas J, et al. The effects of energy balance, obesity-proneness and sex on the neuronal response to sweet taste. *Behav Brain Res*. 2015;278:446-52.
5. Yamamoto K, Ishimaru Y. Oral and extra-oral taste perception. *Semin Cell Dev Biol*. 2013;24:240-6.
6. Feeney E, O'Brien S, Scannell A, Markey A, Gibney E. Irish section postgraduate symposium genetic variation in taste perception: does it have a role in healthy eating? *Proc Nutr Soc*. 2011;70:135-43.
7. Simon S, de Araujo I, Gutiérrez R, Nicolelis MA. The neural mechanisms of gustation: A distributed processing code. *Nat Rev Neurosci*. 2006;7:890-901.
8. Chávez OH, Vega J, Sierra D, Ramírez S, Hernández Y. Fisiología del gusto. *Oral*. 2010;11:625-31.
9. Murray R, Bender D, Botham K, Kennelly P, Rodwell V, Weil P. Harper. *Bioquímica Ilustrada*. 29 ed. México: McGraw Hill Interamericana SA; 2013.

10. Foster S, Roura E, Thomas W, Mirza N. *Extrasensory perception: Odorant and taste receptors beyond the nose and mouth.* Pharmacol Ther. 2014;142:41-61.
11. Jinap S, Hajeb P. Glutamate. Its applications in food and contribution to health. *Appetite.* 2010;55:1-10.
12. Mattes R. Oral detection of short-, medium-, and long-chain free fatty acids in humans. *Chem. Senses.* 2009;34:145-50.
13. Chale-Rush A, Burgess J, Mattes R. Multiple routes of chemosensitivity to free fatty acids in humans. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2007;292:G1206-12.
14. Running C, Mattes R, Tucker R. Fat taste in humans: Sources of within-and between-subject variability. *Prog Lipid Res.* 2013;52:438-45.
15. Laugerette F, Gaillard D, Passilly-Degrace, Niot I, Besnard P. Do we taste fat? *Biochimie.* 2007;89:265-9.
16. Passilly-Degrace P, Chevrot M, Bernard A, Ancel D, Martin C, Besnard P. Is the taste of fat regulated? *Biochimie.* 2014;96:3-7.
17. Tucker R, Mattes R, Running C. Mechanisms and effects of "fat taste" in humans. *IUBMB.* 2014;40:313-26.
18. DiPatrizio N. Is fat taste ready for primetime? Review article. *Physiol Behav.* 2014;136:145-54.
19. Swithers S, Davidson T. A Role for sweet taste: calorie predictive relations in energy regulation by rats. *Behav Neurosci.* 2008;122:161-73.
20. Sclafani A. Sweet taste signaling in the gut. *PNAS.* 2007;104:14887-8.
21. Swithers S, Martin A, Davison T. High-intensity sweeteners and energy balance. *Physiol Behav.* 2010;26:55-62.
22. Low Y, Lacy K, Keast R. The role of sweet taste in satiation and satiety. *Nutrients.* 2014;6:3431-50.
23. Umabiki M, Tsuzaki K, Kotani K, Nagai N, Sano Y, et al. The improvement of sweet taste sensitivity with decrease in serum leptin levels during weight loss in obese females. *Tohoku J Exp Med.* 2010;220:267-71.
24. Nolan-Poupart S, Veldhuizen M, Geha P, Small D. Midbrain response to milkshake correlates with ad libitum milkshake intake in the absence of hunger. *Appetite.* 2013;60:168-74.
25. Frank G, Reynolds J, Shott M, Jappe L, Yang T, Tregellas J, et al. Anorexia nervosa and obesity are associated with opposite brain reward response. *Neuropsychopharmacology.* 2012;37:2031-46.
26. Stewart J, Keast R. Recent fat intake modulates fat taste sensitivity in lean and overweight subjects. *Int J Obes.* 2012;36:834-42.
27. Elfhag K, Erlanson-Albertsson C. Sweet and fat taste preference in obesity have different associations with personality and eating behavior. *Physiol Behav.* 2006;88:61-6.
28. Berthoud H, Zheng H. Modulation of taste responsiveness and food preference by obesity and weight loss. *Physiol Behav.* 2012;107:527-32.
29. Morzel M, Chabanet C, Schwartz C, Lucchi G, Ducoroy P, et al. Salivary protein profiles are linked to bitter taste acceptance in infants. *Eur J Pediatr.* 2014;173:575-82.
30. Alexy U, Schaefer A, Sailer O, Mechthild B, Reinerh T. Sensory preferences and discrimination ability of children before and after an obesity intervention. *Int J Pediatr Obes.* 2010;5:116-9.
31. Ninomiya K, Rozin E. El quinto gusto de la humanidad umami. *Tokio: El Mundo;* 2007.
32. Schwartz C, Chabanet C, Lange C, Issanchou S, Nicklaus S. The role of taste in food acceptance at the beginning of complementary feeding. *Physiol Behav.* 2011;104:646-52.
33. Chen D, Zhang M. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). *Food Chem.* 2007;104:1200-5.

## Sensaciones gustativas básicas

34. Zhang Y, Venkitasamy C, Pan Z, Wang W. Recent developments on umami ingredients of edible mushrooms. *Trends Food Sci Technol.* 2013;33:78-92.
35. Beullens K, Meszaros P, Vermeir S, Kirsanov D, Legin A, Buysens S, et al. Analysis of tomato taste using two types of electronic tongues. *Sens Actuators B Chem.* 2008;131:10-7.
36. Ghirri A, Bignetti E. Occurrence and role of umami molecules in foods. *Int J Food Sci Nutr.* 2012;63:871-81.
37. Masic U, Yeomans M. Umami flavor enhances appetite but also increases satiety. *Am J Clin Nutr.* 2014;100:532-8.
38. France B. Experimental studies of food choices and palatability responses in European subjects exposed to the umami taste. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2008;17:376-9.
39. Ramos E, Neta D, Johanningsmeir S, Mcefeeter S. The chemistry and physiology of sour taste. *J Food Sci.* 2007;72:33-8.
40. Angulo O, O'Mahony M. Aplicación del modelo de Thurstone a las pruebas sensoriales de diferencia. *Arch Latinoam Nutr.* 2009;59:349-57.
41. ASTM. Committee E-18, Guidelines for the selection and training of sensory panel members. Philadelphia: ASTM; 1981. Special Technical Publication, N°758.
42. ISO. Sensory analysis-general guidance for the selection, training, and monitoring of assessors. Part I: Selected assessors. ISO 8586-1: 1193. New York: American National Standards Institute; 1993.
43. Lim J. Hedonic scaling: A review of methods and theory. *Food Qual Prefer.* 2011;22:733-47.
44. Wendin K, Allesen-Holm B, Bredie W. Do facial reactions add new dimensions to measuring sensory responses to basic tastes. *Food Qual Prefer.* 2011;22:346-54.
45. Cooke L, Fildes A. The impact of flavour exposure in utero and during milk feeding on food acceptance at weaning and beyond. *Appetite.* 2011;57:808-11.
46. Nicklaus S, Boggio V, Chabanet C, Issanchou S. A prospective study of food variety seeking in childhood, adolescence and early adult life. *Appetite.* 2005;44:289-97.
47. Yeomans M, Tepper B, Rietzschel J, Prescott J. Human hedonic responses to sweetness: Role of taste genetics and anatomy. *Physiol Behav.* 2007;91:264-73.
48. Negri R, Di Feola M, Di Domenico S, Scala M, Artesi G, Valente S, et al. Taste perception and food choices. *JPGN.* 2012;54:624-9.
49. Keller K, Olsen A, Cravener T, Bloom R, Chungd W, Deng L, et al. Bitter taste phenotype and body weight predict children's selection of sweet and savory foods at a palatable test-meal. *Appetite.* 2014;77:113-21.
50. Törnwall O, Silventoinen K, Keskitalo-Vuokko K, Perola M, Kaprio J, Tuorila H. Genetic contribution to sour taste preference. *Appetite.* 2012;58:687-94.
51. Catanzaro D, Chesbro E, Velkey. A relationship between food preferences and PROP taster status of college. *Appetite.* 2013;68:124-31.
52. Ventanas S, Mustonen S, Puolanne E, Tuorila H. Odour and flavour perception in flavoured model systems: Influence of sodium chloride, umami compounds and serving temperature. *Food Qual Prefer.* 2010;21:453-62.
53. Topcu A, Numanoglu E, Saldamli I. Proteolysis and storage stability of UHT milk produced in Turkey. *J Dairy Sci.* 2006;16:633-8.
54. Mennella J, Spector A, Reed D, Coldwell S. The bad taste of medicines: overview of basic research on bitter taste. *Clin Ther.* 2013;35:1225-46.
55. Srur E, Stachs O, Guthoff R, Witt M, Wilhelm H, Just T. Change of the human taste bud volume over time. *Auris Nasus Larynx.* 2010;37:449-55.
56. Green E, Jacobson A, Haase L, Murphy C. Can age-related CNS taste differences be detected as early as middle age? Evidence from fMRI. *Neuroscience.* 2013;232:194-203.