



HAL
open science

Cultural o biológico: ¿qué significado tienen umbrales gustativos en términos evolutivos?

Claude Marcel Hladik, Patrick Pasquet, Bruno Simmen

► To cite this version:

Claude Marcel Hladik, Patrick Pasquet, Bruno Simmen. Cultural o biológico: ¿qué significado tienen umbrales gustativos en términos evolutivos?. A. Millán-Fuertes, L. Cantarero, X. Medina, M. Montejano & M.J. Portalatín. Arbitrario cultural. Racionalidad e irracionalidad del comportamiento comensal, La Val de Onsera, Huesca (Espagne), pp.475-488, 2004. hal-00546859

HAL Id: hal-00546859

<https://hal.science/hal-00546859>

Submitted on 15 Dec 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

HLADIK, C.M., PASQUET, P. & SIMMEN, B. (2004) — Cultural o biológico : ¿qué significado tienen umbrales gustativos en términos evolutivos? In : A. Millán-Fuertes, L. Cantarero, X. Medina, M. Montejano & M.J. Portalatín (eds) *Arbitrario cultural. Racionalidad e irracionalidad del comportamiento comensal*. Homenaje a Igor de Garine, La Val de Onsera, Huesca (Espagne) pp. 475-488.

CULTURAL O BIOLÓGICO: ¿QUE SIGNIFICADO TIENEN UMBRALES GUSTATIVOS EN TÉRMINOS EVOLUTIVOS?

Claude Marcel Hladik, Patrick Pasquet y Bruno Simmen
Eco-Anthropologie, CNRS, Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris)¹

Resumen: Aquí consideramos la percepción gustativa en poblaciones humanas bajo el punto de vista evolutivo, usando información comparativa derivada de primates no-humanos. El sabor dulce de los azúcares, así como los sabores amargos y particularmente astringentes de los alcaloides y taninos, son el resultado de las sucesivas adaptaciones de nuestros antepasados primates a diferentes medio ambientes. En cambio, nuestras percepciones sobre el sabor salado del cloruro de sodio no puede ser considerado como una respuesta adaptativa; nuestras preferencias por comidas saladas han sido determinadas por factores culturales.

Abstract: Taste perception of human populations is considered from an evolutionary point of view, using comparative data from non-human primates. The sweet taste of the sugars, as well as the bitter and peculiar astringent tastes of alkaloids and tannins do result from successive adaptations of our primate ancestors to various environments. In contrast our perception of the salty taste of sodium chloride cannot be considered as a basic adaptive response, and our preferences for salty foods have been culturally determined.

Palabras claves: Percepción gustativa, evolución de los primates, azúcares, taninos, sal, reacciones culturales.

Introducción

Nuestras investigaciones recientes han sido enfocadas sobre las reacciones gustativas con el fin de determinar el papel que juegan varios factores biológicos en el comportamiento alimenticio (Hladik y Simmen, 1996). Los primates no-humanos sirven como modelos útiles para separar, en las reacciones alimenticias, lo que es sociocultural de lo que es determinado genéticamente, teniendo en cuenta, por supuesto, que el modelo animal no es una simple máquina biológica. Por cierto, varios estudios recientes se han concentrado en lo llamado 'cultura', o tradición, entre los primates no-humanos (Lestel, 2001).

Para confrontar varios problemas en los campos de etnología, antropología biológica, y primatología, hemos constituido un equipo interdisciplinario con la participación de científicos de la CNRS y del Museo de Historia Natural. También hemos estado colaborando con el equipo de la Universidad de Wisconsin, especialmente con Göran Hellekant y Vicktoria Danilova, reconocidos por sus investigaciones sobre las reacciones de los nervios gustativos a diferentes estímulos (Hellekant, Danilova et al., 1997). Nuestros trabajos sobre reacciones gustativas están, por lo tanto, colocadas en el intermedio entre diferentes campos especializados de la investigación. Esta información todavía está sujeta a debates sobre su interpretación. Sin embargo, consideramos que las discusiones sobre los estímulos y percepciones gustativas fueron paralizadas durante el siglo veinte por suposiciones y teorías no verificadas experimentalmente. Este fue especialmente el caso con la teoría de los cuatro sabores básicos (dulce, amargo, agrio, salado) para la cual se usó evidencia basada en términos descriptivos sobre estos sabores derivados de idiomas occidentales (Faurion, 1993). Todo esto constituye una explicación circular que no permite diferenciar lo que es cultural de lo que es biológico.

Lo que intentamos demostrar, con la ayuda de este modelo animal (primates no-humanos), es la manera como antecedentes evolutivos han formado nuestro sistema gustativo, incluyendo no solo nuestras reacciones a los azúcares y otras sustancias azucaradas, sino también nuestras reacciones a otros compuestos presentes en los varios medios ambientes en cuales los primates evolucionaron durante los últimos 65 millones de años, con *Homo sapiens* como el último producto (Hladik, Pasquet et al., 2002). Las reacciones culturales a los sabores alimenticios son relativamente recientes en el contexto de la evolución. Sin embargo, pueden ser tan fuertes que fisiólogos trabajando sobre el problema de la apreciación de sabores tienen dificultades para separar lo que constituye nuestro pasado biológico (Garine, 1997).

Correlaciones entre umbrales gustativos humanos

La mayoría de nuestros datos sobre umbrales gustativos fueron obtenidos durante un programa de la Unión Europea sobre la dieta Mediterránea (Gerber y Padilla, 1998). El propósito inicial fué el de caracterizar esta dieta peculiar en varios países de la Unión y comprobar si, entre otros aspectos, existían relaciones directas entre las preferencias sobre los alimentos y la sensibilidad gustativa.

Los umbrales gustativos fueron calibrados en diferentes países, usando una prueba a ciegas (Hladik, Pasquet et al., 2002). La Figura 1 presenta un ejemplo de una prueba conducida en España. El sujeto ignora cuales son las substancias contenidas en la varias botellas; el solo sabe que hay azúcares (fructosa y sucrosa), sal, ácido cítrico, quinina, 'propilthiouracyl', y algunos taninos. Las soluciones líquidas son administradas en concentraciones que van aumentando hasta que se identifique claramente el sabor (dulce, salado, etc.), usando, por supuesto, el vocabulario que emplea regularmente el individuo involucrado en el experimento.



Figura 1.- Pruebas a ciegas para calibrar los umbrales gustativos (fotografía: Françoise Aubaile).

Sabíamos que existen variaciones significativas en los umbrales de reconocimiento sobre los sabores de varios compuestos entre individuos, o cuando se compara grandes muestras de poblaciones humanas usando este método (Hladik, Robbe et al., 1986); y estábamos buscando correlaciones entre preferencias alimenticias y umbrales gustativos.

Cuando computamos los resultados usando una matriz de correlación que combina preferencias alimenticias, y hábitos sobre la comida, etc., con umbrales de reconocimiento gustativo, sufrimos una decepción al principio por las pocas correlaciones que emergieron; este es un tema que desarrollamos aparte. Pero si encontramos, sin esperararlo en realidad, correlaciones significativas entre los umbrales gustativos de los

diferentes compuestos. Esta pequeña parte de las correlaciones observadas, presentadas en la Tabla 1, nos permite comprender un aspecto fundamental de la fisiología del sabor, el cual resulta de nuestro largo antepasado evolutivo.

En la Tabla 1, agrupamos los resultados obtenidos de los muestros derivados de las diferentes poblaciones examinadas, no solo en la Unión Europea, sino también en lugares remotos tales como Africa Central y Siberia. Obtuvimos datos fiables sobre 412 personas usando el método Pearson sobre la matriz de correlación (Hladik, Pasquet et al., 2002). La correlación más obvia es la que existe entre los azúcares; o sea, una persona con alta sensibilidad a la sacarosa también demuestra una alta sensibilidad a la fructosa. Sin embargo, el coeficiente de correlación que difiera del 1 indica que las respuestas a los sabores son diferentes para los varias azúcares, involucrando un mecanismo fisiológico - el cual compartimos con los primates no-humanos - más complejo que el de un solo receptor para el “sabor dulce”. Más interesante aún es la relación entre los umbrales gustativos para taninos y quinina, porque también reflejan nuestro pasado evolutivo como primates, existiendo una gama de receptores gustativos que permiten hacer frente a la mayoría de sustancias tóxicas (amargas como los alcaloides, o astringentes como los taninos) que ocurren en abundancia en medios ambientes naturales.



SUCROSE	1.00	0.51**	0.11*	0.08	0.02	-0.01	0.01	0.05
		<i>N</i> =407	<i>N</i> =407	<i>N</i> =373	<i>N</i> =390	<i>N</i> =370	<i>N</i> =374	<i>N</i> =326
FRUCTOSE		1.00	0.14**	0.10	0.03	-0.07	0.11	0.09
			<i>N</i> =402	<i>N</i> =368	<i>N</i> =394	<i>N</i> =325	<i>N</i> =350	<i>N</i> =322
SODIUM CHLORIDE			1.00	0.20**	0.17**	0.14*	0.18**	0.11*
				<i>N</i> =369	<i>N</i> =395	<i>N</i> =330	<i>N</i> =353	<i>N</i> =322
QUININE HYDROCHLORIDE				1.00	0.17**	0.32**	0.39**	0.06
					<i>N</i> =362	<i>N</i> =326	<i>N</i> =337	<i>N</i> =376
CITRIC ACID					1.00	0.24**	0.18**	0.04
						<i>N</i> =327	<i>N</i> =330	<i>N</i> =315
TANNIC ACID						1.00	0.50**	0.01
							<i>N</i> =327	<i>N</i> =278
OAK TANNIN							1.00	0.04
								<i>N</i> =242

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

Tabla 1. Correlaciones entre los umbrales gustativos.

Las matrices de distancia, derivadas de la correlación Pearson, fueron empleadas para construir un árbol aditivo (Figura 2), el cual demuestra claramente las relaciones existentes entre la sensibilidad a los azúcares y otras sustancias. Las distancias entre los varios compuestos (con esta escala) es la expresión real de los resultados que aparecen en estos árboles aditivos, mientras que los ángulos y las sombras han sido añadidas para mayor claridad. Por lo tanto, además de las correlaciones obvias entre la percepción de diferentes azúcares, el descubrimiento más interesante fue (al lado opuesto en la Figura 2), que la percepción sobre quinina y tanino son correlacionadas; si uno tiene una alta sensibilidad a la quinina, la tiene también a los taninos (para las pruebas usamos ácido tánico y ácido de roble). Además, la sensibilidad a lo amargo o astringente no está correlacionada con la sensibilidad a lo dulce.

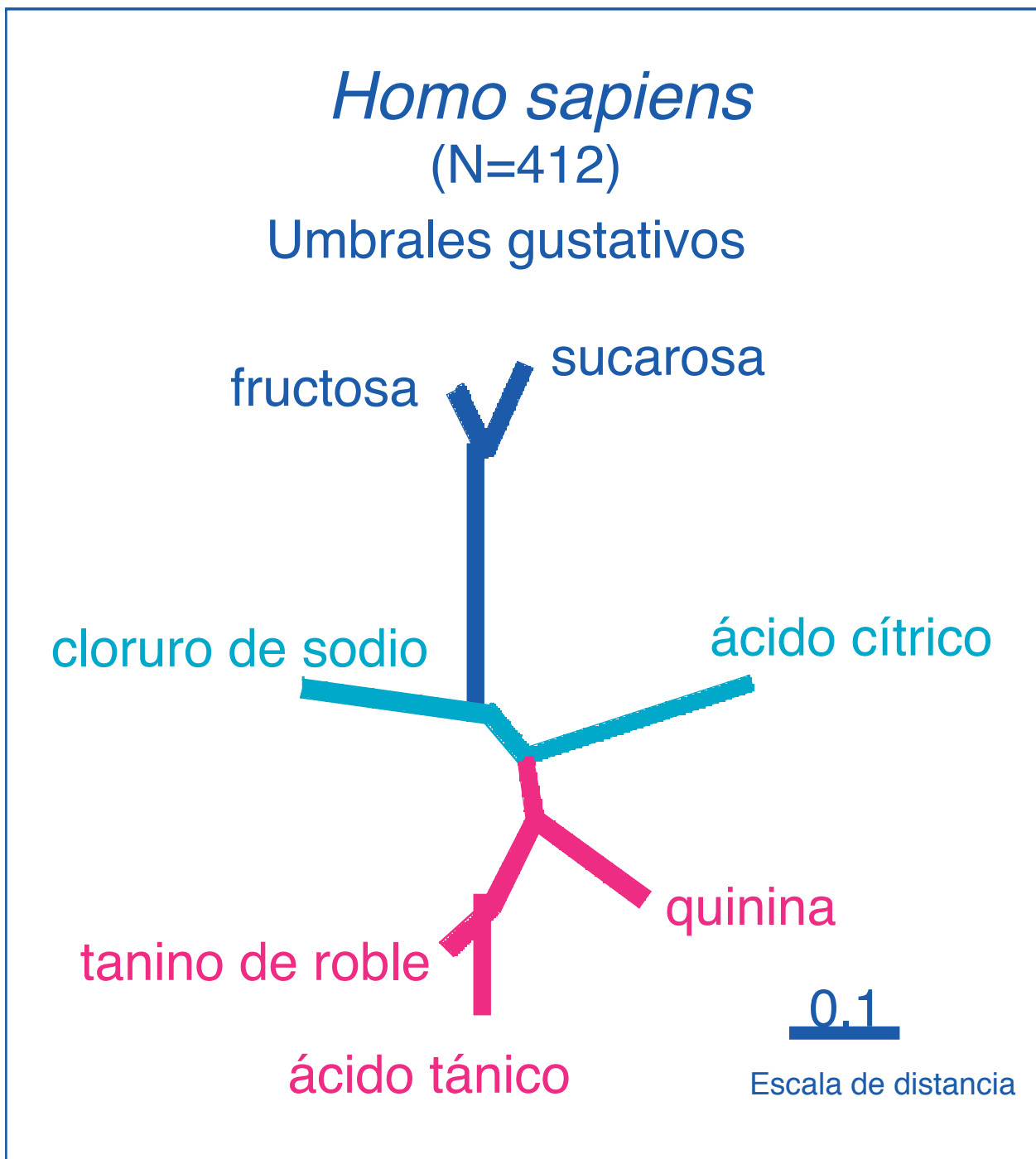


Figura 2.- Árbol aditivo de los correlaciones entre los umbrales gustativos.

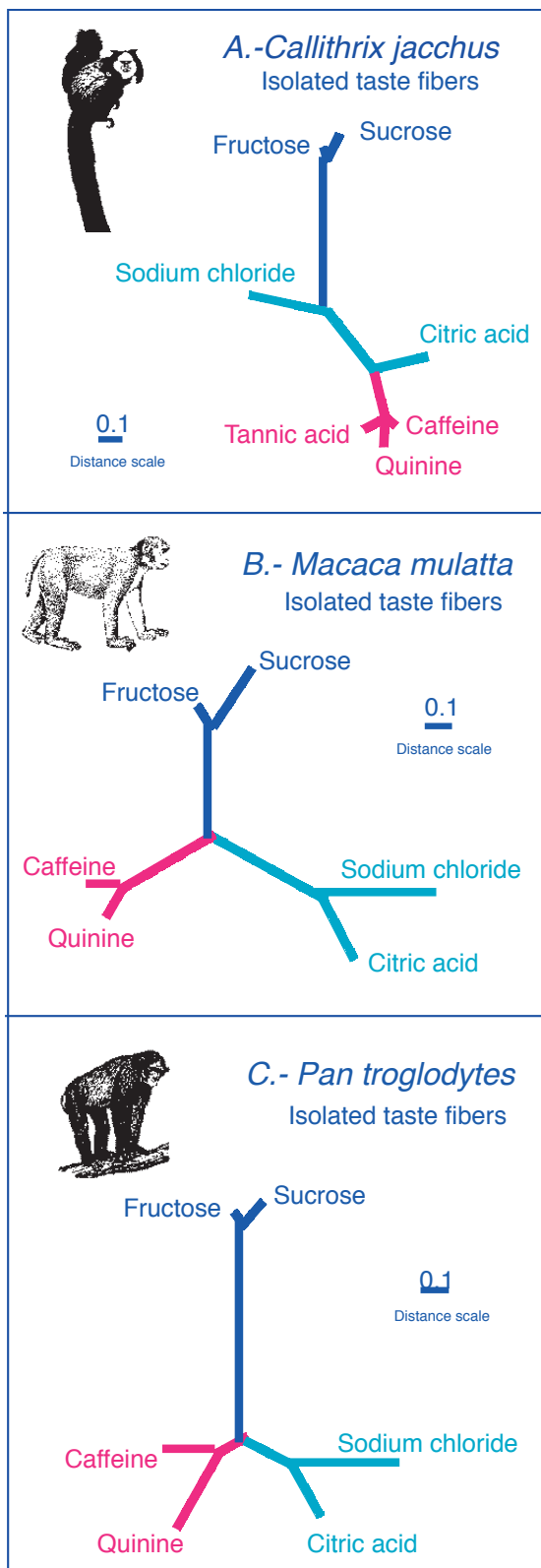
Desde un punto de vista evolucionario, el sistema de detección de sabores parece mostrar una clara dicotomía entre respuestas a sustancias beneficiosas (azúcares solubles presentes en frutas y néctares) y sustancias que son tóxicas, tales como los alcaloides y los taninos, quienes son los compuestos más diversificados de todo los medios ambientes (Simmen, Hladik et al., 1999).

Todo el sistema gustativo ha sido el blanco de presiones selectivas, y también podemos afirmar que, en los primates no-humanos, existen diferentes percepciones para diferentes azúcares solubles, totalmente independientes de respuestas a los alcaloides y taninos.

Reacciones gustativas de primates no-humanos

Por cierto, el mismo tipo de relación fué descubierto por Gorán Hellekant y Vicktoria Danilova cuando registraron las reacciones de fibras individuales en el nervio gustativo de varias especies de primates no-humanos. Para calcular las correlaciones entre las reacciones de las fibras a varios sabores depositados en la lengua de primates no-humanos usamos el mismo método que el que usamos para calcular umbrales gustativos en sujetos humanos.

Figura 3.- Árboles aditivos de los correlaciones entre los reacciones de fibras individuales en el nervio gustativo de varias especies de primates.



La Figura 3-A ilustra las reacciones de los nervios gustativos (alrededor de 50) del mono ‘marmoset’ (*Callithrix jacchus*, una especie Suramericana), con el contraste entre las fibras gustativas que responden a los azúcares, y las que responden a ambos, los alcaloides y taninos (Danilova, Hellekant et al., 1998), siendo éstas las mismas sustancias que empleamos para determinar niveles gustativos. Este árbol aditivo fue construido a base de una matriz de correlación (la información original tomada de Danilova), incluyendo solamente los datos sobre fibras gustativas que comparamos con nuestros datos sobre los umbrales gustativos humano.

En el caso del mono Rhesus *Macaca mulatta* (Figura 3-B), podemos observar que las fibras que responden a la fructosa y sucrosa están claramente separadas (lo que quiere decir que las señales periféricas difieren en esta especie), con una mayor distancia que para el ‘marmoset’ (Hellekant, Danilova et al., 1997). En la parte del árbol aditivo que ilustra lo que es rechazado, la cafeína y la quinina no están muy separados (en esta especie, los taninos no han sido sometidos a prueba).

Si tomamos en consideración el chimpancé, *Pan troglodytes* (Figura 3-C), para el cual las fibras gustativas de fructosa y sucrosa no están tan separadas, nos apercibimos que, al contrario, hay una más grande separación para los dos tipos de alcaloides (Hellekant, Ninomiya et al., 1997). La cafeína, percibida por los humanos como amarga, no lo es tanto para los chimpancés. También existe una gran diferencia entre los humanos y los chimpancés con respecto a la quinina; un chimpancé requiere 400% de la concentración que requiere un ser humano para distinguirla del agua. Los chimpancés en algunas ocasiones ingieren jugos de plantas (tales como *Vernonia amygdalina*), que son muy amargos, con fines curativos.

Todo esto se relaciona con factores ambientales, ya que sabemos que la mayoría de los alcaloides presentes en la selva húmeda donde viven los chimpancés, no son más tóxicos que la cafeína. La situación es muy diferente en otras selvas, y probablemente en la mayoría de los habitats ocupados por el mono ‘rhesus’.

Por lo tanto, el pasado evolutivo de las sustancias benéficas, versus las sustancias nocivas, favorecieron una codificación genética para los dos tipos de fibras presentes en los primates no-humanos. Nuestros colegas de la Universidad de Wisconsin (Hellekant y Danilova) también demostraron que la mayoría de fibras que reaccionan a los azúcares están localizadas en la parte frontal de la lengua, mientras que las fibras que responden a la quinina son más numerosas en la parte glosó-faríngea de la parte trasera de la lengua (Hellekant, Danilova et al., 1997). En algunos casos, la sensación fuerte de acidez es asociada a la percepción nociva de este sistema.

La evolución del sistema gustativo

El sistema gustativo de los primates permite que las presiones selectivas adapten la sensibilidad a los sabores a diversos medios ambientes. Evidencia de esto es adquirida al analizar los alimentos naturales consumidos por varias especies, en relación a umbrales gustativos, ya sea para fructosa, o para quinina. ¿Cuáles pudieron haber sido las presiones selectivas? La evidencia es clara con respecto a los azúcares (Hladik, 1993), ya que la mayoría de naturalistas piensan que los primates (tanto como varias aves), coevolucionaron con los angiospermas, plantas cuyas frutas tienen una pulpa dulce. Mientras más dulces, más eficiente es la dispersión de sus semillas por animales frugívoros.

De la misma manera, queda poca duda sobre la co-evolución a largo plazo entre vertebrados (incluyendo primates) y las defensas químicas en plantas (taninos y alcaloides, como también terpenes, saponinas, etc), aunque existe varias formas de compensación y reacciones selectivas a los efectos benéficos de los polifenoles en pequeñas cantidades en dietas naturales (Janzen, 1978). Los resultados de estudios recientes, como también nuestras investigaciones actuales sobre el gusto a los taninos y otros polifenoles entre los primates no-humanos, es un nuevo aspecto de la fisiología gustativa. La percepción de lo astringente (que también es una respuesta táctil debido al estímulo de la proteína salivaria) es también una calidad del sabor entre los humanos. Y también fué registrada como una señal gustativa en las fibras individuales de primates no-humanos que ocupan medios ambientes alimenticios donde un gran número de taninos determinan el gusto de muchos alimentos.

Lo que estas observaciones sugieren es que lo que llamamos el gusto dulce humano es mediado por varios receptores periféricos. La evolución puede ser considerada como una forma de jugar con los genes en existencia, y lo que observamos es una dicotomía entre las fibras que conducen el gusto sabroso (percibido como dulce) y los gustos desagradables (amargos o astringentes). Las presiones selectivas han conducido a

nuestra actual sensibilidad a los azúcares, mediada por una serie de fibras originarias en la parte frontal de la lengua.

Finalmente, los árboles aditivos obtenidos de nuestros registros sobre las respuestas dadas por los nervios de los primates no-humanos, y de los cálculos sobre los umbrales gustativos en seres humanos, ilustran los resultados de un pasado evolutivo compartido. Y las marcadas similitudes obtenidas entre árboles aditivos provenientes de series de datos muy diferentes no son en realidad sorprendente a la luz de factores evolutivos.

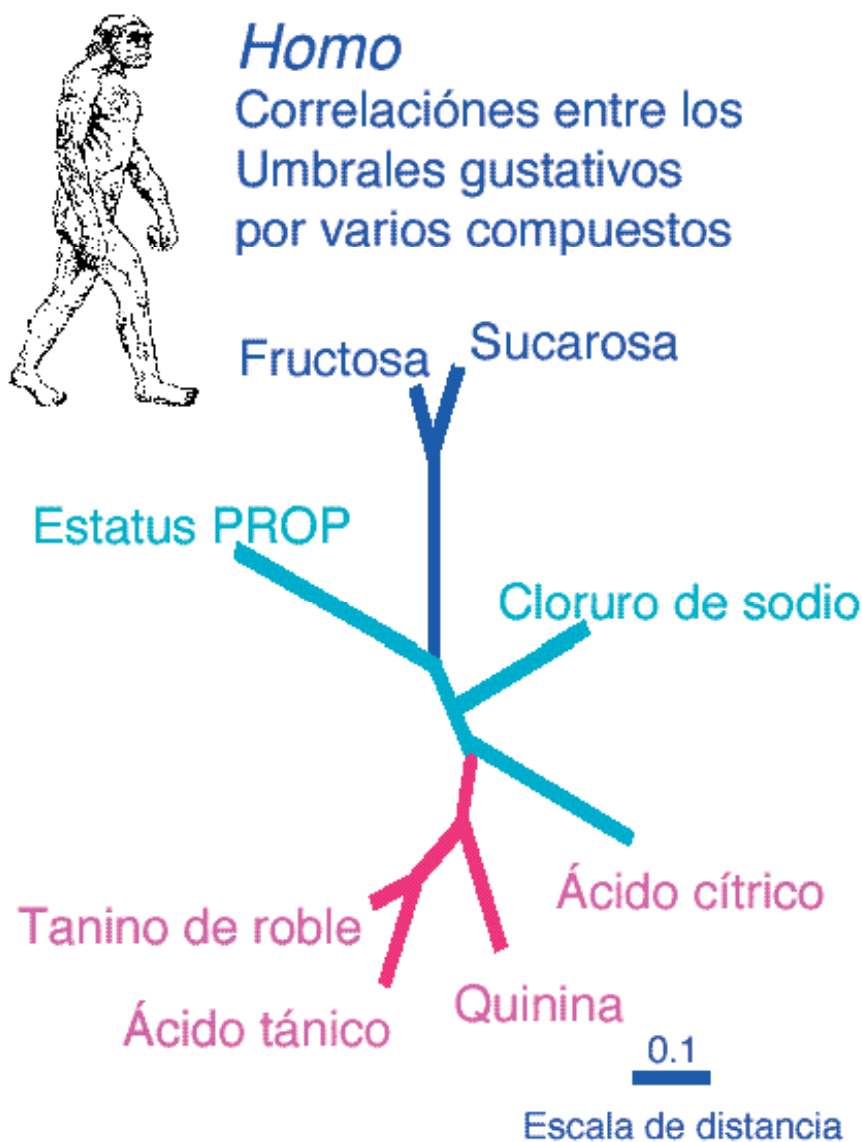


Figura 3.- Árboles aditivos de los correlaciones entre las reacciones de fibras individuales en el nervio gustativo de varias especies de primates.

La percepción humana sobre el sabor es determinada por factores biológicos y culturales

Regresemos a nuestra discusión sobre el género Homo para discernir lo que hemos heredado de nuestros antepasados (Figura 4, ilustrada por Homo erectus), y lo que pudiera ser totalmente independiente de nuestro pasado biológico en cuanto a la discriminación gustativa actual, o sea lo que ha sido determinado culturalmente.

El árbol aditivo muestra, de nuevo, las distancias entre umbrales gustativos establecidos por la correlación Pearson. El estatus PROP ha sido determinado clasificando en dos grupos (los saboreantes y no-saboreantes) a aquellos individuos con un umbral por arriba o por debajo del antimodo para la percepción del 'propylthiouracyl' (para el cual existe una distribución bimodal entre los que perciben y no perciben el gusto). La introducción de este factor en nuestros cálculos no afecta la forma general del árbol aditivo, el cual parece ser un modelo robusto (Hladik, Pasquet et al., 2002).

No hay correlación entre el estatus PROP y la percepción del azúcar. Esto puede implicar que diferentes series de señales periféricas y fibras están involucradas. Sin embargo, se necesita obtener datos adicionales sobre los primates no-humanos para aclarar este punto. La separación entre la sensibilidad PROP y la sensibilidad a la quinina y taninos también puede sugerir que la codificación genética para la sensibilidad PROP (la más estudiada en la genética gustativa) no estaba implicada en la evolución de los primates.

Sin embargo, el sistema gustativo permite la discriminación entre una gran variedad de compuestos, incluyendo aquellos que al azar podemos escoger de una repisa en un laboratorio de química. La mayoría de las sustancias químicas tienen un gusto particular - el cual podemos percibir como bastante bueno, o muy malo - el cual es una respuesta de nuestros receptores gustativos periféricos; pero tales sabores no son el resultado de presiones selectivas. Este es obviamente la situación con referencia a la sensibilidad PROP, la cual, para quienes la perciben, incluye algunos receptores periféricos comunes a otras sustancias amargas.

Debemos incluir también el sabor salado del cloruro de sodio entre estas reacciones gustativas 'arbitrarias'. Es una sustancia natural, necesaria a la vida, pero ocurría en el medio ambiente alimenticio de nuestros antepasados en niveles indetectables, como era el caso también con varios minerales y vitaminas. Para estos compuestos no detectables, los mecanismos adaptivos son por necesidad diferentes de los involucrados en el sabor dulce del azúcar, y el mal sabor de los taninos y alkaloides. Las respuestas biológicamente adaptivas a estos micro-nutrientes en baja concentración requieren un acondicionamiento a otros sabores y olores presentes en compuestos naturales.

Sin embargo, en la civilización humana, el sabor a lo salado aumentaba tanto en importancia (a veces en oposición al sabor dulce, lo cual no contradice la información incluida en el árbol aditivo) que hacía difícil para los fisiólogos no adherirse a la teoría de los cuatro "sabores básicos", en vez de reconocer una dicotomía básica basada en un pasado evolutivo compartido. El uso del cloruro de sodio para mejorar el sabor salado parece ser una opción cultural siguiendo prácticas culinarias que se remontan al Paleolítico. Contrariamente, la percepción sobre los taninos, alkaloides, y el sabor dulce de los azúcares, son el resultado de nuestra adaptación biológica, ya que nuestros antepasados se nutrían de frutas en los medio ambientes fluctuantes de la era Cenozoica.

Nuestro agradecimiento a la Dra. Olga F. (Smithsonian Tropical Research Institute, Panama), por la traducción y comentarios de este artículo.

Referencias

- Danilova, V., Hellekant, G., Roberts, T., Tinti, J.-M. y Nofre, C. (1998) "Behavioral and single chorda tympani taste fiber responses in the common marmoset, *Callithrix jacchus jacchus*" *Annals of the New York Academy of Sciences*, 855, 160-164 .
- Faurion, A. (1993) "Why four semantic taste descriptors and why only four?" 11th International Conference on the Physiology of Food and Food Intake, Oxford, 58.
- Garine, I. de (1997) "Food preferences and taste in an African perspective. A word of caution" En: Macbeth H. Food preferences and taste. Continuity and change, Berghahn Books, Oxford, pp. 187-207.
- Gerber, M. y Padilla M. (Coord.) (1998) *Consommer Méditerranéen, une action préventive au cancer*. Final Report of Contract SOC 97 200420 05F02. Brussels: CCE DG V.
- Hellekant, G., Danilova, V. y Ninomiya, Y. (1997) "Primate sense of taste: behavioral and single chorda tympani and glossopharyngeal nerve fibers recordings in the rhesus monkey". *Journal of Neurophysiology* 77, 978-993.

- Hellekant, G., Ninomiya, Y. y Danilova, V. (1997) "Taste in chimpanzees II: single chorda tympani fibers" *Physiology and Behavior*, 61, 829-841.
- Hladik, C.M. 1993. "Fruits of the rain forest and taste perception as a result of evolutionary interactions" En Hladik, C.M., Hladik, A., Linares, O.F., Pagezy, H., Semple, A. y Hadley, M. *Tropical forests, people and food. Biocultural interactions and applications to development. UNESCO/The Parthenon Publishing Group, Carnforth*, pp. 73-82.
- Hladik, C.M., Pasquet, P. y Simmen, B. (2002) "New perspective on taste and primate evolution: the dichotomy in gustatory coding for perception of beneficent vs. noxious substances as supported by correlations among human thresholds" *American Journal of Physical Anthropology*, 117.
- Hladik, C.M., Robbe, B. y Pagezy, H. (1986) "Sensibilité différentielle des populations Pygmées et non Pygmées de forêt dense, de Soudaniens et d'Eskimos, en rapport avec l'environnement biochimique". *C. R. Académie des Sciences, Paris* 303, 453-458.
- Hladik, C.M. y Simmen, B. (1996) "Taste perception and feeding behavior in nonhuman primates and human populations". *Evolutionary Anthropology*, 5, 58-71.
- Janzen, D.H. (1978) "Complications in interpreting the chemical defenses of trees against tropical arboreal plant-eating vertebrates" En Montgomery, G.G. *The ecology of arboreal folivores*, Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 73-84.
- Lestel, D. (2001) *Les origines animales de la culture*. Flammarion, Paris.
- Simmen, B., Hladik, A., Ramasiarisoa, P.L., Iaconelli, S. y Hladik, C.M. (1999) "Taste discrimination in lemurs and other primates, and the relationships to distribution of plant allelochemicals in different habitats of Madagascar" En: Rakotosamimanana, B., Rasamimanana, H., Ganzhorn, J.U. y Goodman, S.M. *New directions in lemur studies*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 201-219.