



VII encuentro
Participación de la
Mujer
en la Ciencia



IMPLICACIÓN DEL SISTEMA OLFATIVO EN LA CONDUCTA EMOCIONAL

A.G. Gutiérrez-García ^{a,b}, C.M. Contreras ^{b,c}

^a Facultad de Psicología, Universidad Veracruzana, Manantial de San Cristóbal s/n, Xalapa 2000, 91097, Veracruz, México, angutierrez@uv.mx

^b Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Dr. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Animas, 91190, Xalapa, Veracruz, México.

^c Unidad Periférica Xalapa-Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM, Dr. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Ánimas, 91190, Xalapa, Veracruz, México, ccontreras@uv.mx

RESUMEN

El sistema olfativo juega un papel importante en la vida de los mamíferos, ya que para que un organismo mantenga su lugar en el ecosistema debe ser capaz de comunicarse con su entorno, es decir, debe ser capaz de percibir estímulos físicos y químicos del ambiente y responder a éstos, lo cual influencia profundamente su conducta y le proporciona información esencial para su supervivencia. El sistema olfativo de los mamíferos regula una amplia gama de funciones integrativas tales como las respuestas emocionales (ansiedad, miedo, afecto), funciones reproductivas (conducta sexual y maternal) y conductas sociales (reconocimiento de conespecíficos, familia, clan o intrusos). Por otro lado, las emociones *per se* son eventos transitorios, generados en respuesta a estímulos emotivos que provocan reacciones de alertamiento y cambios en la motricidad y sensaciones subjetivas. Los procesos emocionales son cruciales en el control de la conducta humana, ya que una falta de equilibrio emocional es el común denominador de una amplia gama de desórdenes conductuales. El olfato es un sentido químico que tiene una poderosa relación con la emoción. Los olores tienen el poder de hacer recordar vividamente una experiencia particular del pasado. Un ejemplo de ello es el fenómeno Proust, que es la habilidad de los olores para evocar espontáneamente memorias autobiográficas altamente vividas, con tono afectivo y muy antiguas. Los olores que se encuentran en el ambiente en un determinado contexto pueden ser codificados paralela y simultáneamente con detalles del acontecimiento y ser usados subsecuentemente como señales para la recuperación de esos detalles. La notable eficacia de los olores como estímulos para permitir la recuperación de la memoria se atribuye a la relación que existe entre una activación emocional y la información asociada con tales reacciones afectivas. En los seres humanos existe la capacidad de establecer vínculos afectivos desde el momento del nacimiento. Los recién nacidos despliegan una atracción innata por los olores del seno de su madre y responden positivamente a los olores del líquido amniótico propio, lo cual se relaciona con un aprendizaje olfativo intrauterino, documentado hasta ahora en animales no humanos. A su vez, las madres reconocen a sus hijos en el período postnatal y otros estudios realizados en otras especies de mamíferos (cerdos, conejos, entre otros) demuestran que existen sustancias químicas que permiten la comunicación transnata, las cuales ya están identificadas en el líquido amniótico, calostro y leche. Así, por medio del líquido amniótico, el calostro y la leche materna, la madre suministra toda clase de protectores emocionales a su hijo, así como “claves” para identificarse con ella, lo cual le proporciona los primeros lazos afectivos. Por tanto, el sentido del olfato en el recién nacido es relevante para el reconocimiento de su madre, quien le proporcionará las primeras pautas afectivas para su adaptación y supervivencia. Entonces, mediante el reconocimiento de la fuente de estimulación olfativa, quizá también gustativa, el recién nacido buscará en el seno materno lo que haya fungido como feromona intrauterina y entonces dará inicio a un lazo duradero, que aunque en la mayor parte de las especies de mamíferos dura solamente el puerperio, en la especie humana dura toda la vida, se trata del afecto.



VII encuentro
Participación de la
Mujer
en la Ciencia



COMUNICACIÓN QUÍMICA

La comunicación tiene como finalidad hacer efectiva nuestra naturaleza social. Dentro de ello, la semioquímica es la disciplina que aborda la comunicación química entre los animales y consiste en el estudio de ciertas sustancias o mezclas de compuestos que ejercen información sensorial y que participan en algunas interacciones entre organismos en su medio natural y que afectan su fisiología, en tanto su conducta (Regnier, 1971). En una comunicación química entre miembros de la misma especie (intraespecífica), se requiere de: a) un emisor, el que emite el mensaje; b) el mensaje mismo, que es el conjunto de señales que contienen alguna información; c) un receptor, quien recibirá e interpretará dicho mensaje; d) un contexto, es decir, el marco de referencia en que se da la comunicación incluyendo la serie de circunstancias y situaciones que rodean al mensaje; e) un código, que contendrá el patrón de señales que harán posible el mensaje; y, por último f) un canal, es decir, el medio o el instrumento por el cual se enviará o transmitirá dicho mensaje. Es importante añadir que para que la comunicación se considere completa, es necesaria una retroalimentación, es decir, la respuesta del receptor que a su vez es capturada por el emisor, de manera que los papeles ahora están invertidos.

Un receptor es un dispositivo sensible a ciertas variaciones del medio ambiente, así, los sistemas sensoriales se forman por receptores. Dentro de ellos, el sistema olfativo es de gran relevancia para la supervivencia de los mamíferos, ya que con la participación de este sistema sensorial los animales pueden detectar o incluso anunciar a otro, un peligro inminente como un depredador potencial, reconocer a sus parejas, padres y descendientes, así como detectar señales que han dejado otros y que dan origen a una gran variedad de conductas sociales, como el marcaje territorial y la jerarquía social, así como la búsqueda o rechazo de alimento.

El sistema olfativo está dividido en dos sistemas, el sistema olfativo principal, el cual detecta información de olores; y, el órgano vomeronasal caracterizado por detectar información de tipo feromonal. El sistema olfativo principal está conformado por un epitelio ubicado en la parte superior de la cavidad nasal a nivel del cornete superior, se trata de neuronas bipolares ciliadas que actúan como receptores sensibles a señales químicas volátiles. Estas células, captan los estímulos y cuando la intensidad o la frecuencia de activación de estas neuronas es suficiente, se alcanza el umbral para producir las señales neuronales que posteriormente serán enviadas a través del bulbo olfatorio principal hacia otras áreas cerebrales, principalmente los núcleos de la amígdala y del hipotálamo.

El sistema vomeronasal se proyecta a través del nervio vomeronasal al bulbo olfatorio accesorio, localizado en la parte dorsocaudal del bulbo olfatorio principal. El bulbo olfatorio accesorio, a su vez, envía la información a áreas subcorticales, como la amígdala, específicamente a la amígdala medial y la parte posteromedial de la amígdala cortical. Desde aquí la información llega al hipotálamo ventromedial y a la estría terminal (Xu et al., 2005), que son estructuras que participan en el control neuroendocrino y en la regulación de conductas sociales, como la agresión, y reproductivas, como el apareamiento. Por ello, al sistema vomeronasal se le ha implicado en la detección de feromonas relacionadas al retraso del ciclo estral en un grupo de ratones hembra en ausencia de un macho. Incluso, la orina de un ratón macho puede provocar la sincronización de los ciclos estrales en un grupo de hembras y acelerar el inicio de la pubertad en un ratón hembra por la presencia del olor de un ratón macho adulto e interrumpir la gestación cuando una ratón hembra recién preñada se encuentra con un ratón macho distinto de aquel con el que acaba de copular. Notablemente, la ablación del órgano vomeronasal en ratas macho disminuye el reconocimiento y la interacción social (Vandenberg, 1994). También, el sistema olfatorio accesorio está involucrado en la detección de sustancias de alarma liberadas por ratas macho cuando son estresadas físicamente y estas sustancias generan en otras ratas (receptoras-testigo) un aumento de la temperatura corporal (hipertermia), un incremento del congelamiento y olfateo (Kiyokawa et al., 2006), así como



VII encuentro
Participación de la
Mujer
en la
Ciencia



incremento de la ansiedad y la desesperanza, lo cual es revertido con ansiolíticos y antidepressivos (Gutiérrez-García et al., 2006; 2007; 2009). Con estos hallazgos en conjunto es posible sugerir que la ansiedad y la depresión pueden ser transmitidas de un sujeto a otro a través del olfato. De hecho, algunas feromonas al ser liberadas por la orina del animal estresado, indican una señal de alarma y peligro.

MEMORIA EMOCIONAL OLFATIVA

La memoria emocional permite que un individuo reconozca señales de su entorno y las asocie con experiencias pasadas, como un elemento de juicio para responder a su entorno, es así como se establece la selección de estrategias adecuadas y correctas de afrontamiento, pero también de rechazo o aproximación. Así, los estímulos del medio ambiente captados por el olfato tienen una poderosa relación con la emoción, por ello muchos olores tienen el poder de evocar recuerdos con alto contenido emocional relacionados con experiencias particulares del pasado. Las emociones pueden ser definidas como eventos transitorios, que se generan en respuesta a estímulos que provocan emociones y de manera inmediata dan lugar a reacciones de alertamiento y cambios en la motricidad. La emoción y la memoria son dos procesos distintos, sin embargo, la emoción modula (potenciando o inhibiendo) a la memoria (LeDoux, 1993), siempre recordamos con mayor facilidad eventos que están ligados a emociones intensas. La notable eficacia de los olores como estímulos para permitir la recuperación de eventos del pasado se atribuye a la relación que se guarda con la respuesta emocional y la información asociada con la reacción afectiva o emocional. Dicha relación parece estar mediada por el núcleo basolateral de la amígdala, el cual juega un papel central en la modulación de la consolidación de memorias de largo plazo de experiencias emocionales, lo cual podría deberse a la vía directa que existe entre el sistema olfativo y la amígdala lo que permite asociar memorias emocionales directamente con el estímulo olfativo más que con cualquier otra modalidad sensorial (Hughes, 2004).

La memoria olfativa está asociada con experiencias altamente emocionales, dado el caso, los olores son precipitantes de memorias traumáticas en pacientes con trastorno de estrés posttraumático (Vermetten y Bremner, 2003), lo que tiene cierto equivalente experimental en el miedo condicionado en roedores (Blanchard et al., 2001). El organismo está dotado de un sistema olfativo apto para recibir información y los mensajeros químicos no sólo se limitan a comunicar peligro, sino también bienestar, luego entonces son relevantes para la supervivencia. Es decir, la memoria olfativa también implica una amplia gama de conductas sociales. Muchas especies de mamíferos confían en el olor para obtener información sobre su entorno, particularmente en el reconocimiento de sus crías y miembros de la misma especie.

Paradójicamente, con base en que no se ha identificado una proyección desde el órgano vomeronasal hacia el cerebro, se cree que los humanos somos incapaces de detectar feromonas, a pesar de que se tiene bien documentado un efecto feromonal en nuestra especie. Es evidente la existencia del órgano vomeronasal funcional en el embrión humano (Boehm y Gasser, 1993) y en el adulto se ha identificado un órgano vomeronasal próximo al septum nasal (Meredith, 2001). Stern y McClintock (1998) demostraron que existe una sincronización en los ciclos menstruales de mujeres, cuando viven juntas y se han identificado feromonas con poderosas acciones en la actividad sexual humana, las copulinas (Kohl et al., 2001). El hecho real es que los humanos al nacer, disponemos de un órgano vomeronasal funcional, que se comienza a desarrollar desde etapas muy tempranas de la gestación (Smith y Bhatnagar, 2000). En este sentido, la habilidad para detectar señales químicas del feto en el útero proporciona ventajas adaptativas para los mamíferos que tienen que depender de su sentido del olfato inmediatamente después del nacimiento. Lo que podría contribuir al desarrollo de la atracción del infante hacia su madre y por tanto al reconocimiento individual (Schaal et al., 2004).



VII encuentro
Participación de la
Mujer
en la Ciencia



Dada la funcionalidad intrauterina del órgano vomeronasal (Smith y Bhatnagar, 2000), la composición química del líquido amniótico contiene indudablemente información relevante, por lo que hemos sugerido (Contreras y Gutiérrez-García, 2009) que si esta información es detectada y procesada por el feto, ésta podría ser usada después de nacer para reconocer a su madre. En efecto, los recién nacidos desarrollan una orientación positiva hacia estos fluidos maternos después del nacimiento (Marlier et al., 1998) y diversos estudios han revelado que los olores maternos juegan un papel importante en la localización del pezón y promueven la lactancia en las crías de muchas especies de mamíferos (Porter y Winberg, 1999). Los bebés humanos, incluyendo aquellos que no han tenido experiencia previa en la lactancia, son atraídos por las señales olfativas que emanan del pecho de las madres lactantes cuando secretan calostro o leche. Los olores maternos y los provenientes del líquido amniótico, aparte de los olores de la leche, parecen tener efectos calmantes en los infantes, ya que el llanto espontáneo de los bebés se reduce significativamente al oler el líquido amniótico (Varendi et al., 1998).

Algunas otras especies de mamíferos utilizan feromonas de atracción para estimular a los neonatos hacia el pezón y de esta manera amamantarlos. Un ejemplo es el de los conejos (*Oryctolagus cuniculus*), en los que una molécula, la 2-metilbut-2-enal, está contenida en la leche y promueve una conducta estereotipada de búsqueda que lleva a la localización eficiente de los pezones. En mamíferos, como en las crías del cerdo, además de ser atraídos por los olores maternos, también son atraídos por el olor del líquido amniótico. Los componentes de la feromona que ejerce dicha atracción ya han sido identificados (Pageat, 2001) y notablemente su presencia se reproduce en el líquido amniótico, el calostro y la leche, se trata del ácido palmítico, oleico, linoleico, láurico, mirístico y cáprico (Guiraudie-Capraz et al., 2005). Por nuestra parte, hemos observado que el líquido amniótico humano contiene los mismos ácidos grasos que el calostro y la leche y que dicho líquido ejerce acciones ansiolíticas en un modelo animal, entonces el sistema olfativo durante la vida intrauterina, puede jugar un papel importante en la comunicación ya que podría participar en la impronta del reconocimiento madre-hijo, estableciendo el principio de los lazos afectivos (Contreras y Gutiérrez-García, 2009).

De ser el caso, los primeros pasos de la comunicación de una madre con sus crías, se establecería mediante: a) el emisor, se trata de algunas sustancias contenidas por los líquidos biológicos de interfase, el líquido amniótico, el calostro y la leche materna; b) el mensaje, ocurre desde antes del nacimiento, por la interacción de las sustancias contenidas en el líquido amniótico con, c) los sistemas sensoriales en desarrollo del feto y algunos funcionales como los receptores olfativos. Todo ello ocurre d) dentro del útero, en un medio tibio, seguro y confortable; se establece un e) código de señales, en las que una vez que el feto ha estado en contacto suficientemente con su medio interno y en paralelo se han desarrollado sus estructuras que le permitirán desarrollar su memoria emocional; en las que, f) los canales de comunicación están dados por los líquidos maternos, por un lado y el sistema olfativo del bebé, por el otro. A partir del primer instante después del nacimiento, aún podemos añadir que efectivamente ocurre una retroalimentación bidireccional, entre la madre y el bebé. Mediante la sonrisa, el arrullo, las caricias y muchos otros estímulos sensoriales mutuos, que fungirán como refuerzos positivos.

*Agradecimiento: CONACyT (CB-2006-1, 61741); SIN 32755-AGGG y 754-CMC.

BIBLIOGRAFÍA

1. F.E. Regnier, "Semiocemicals-structure and function", *Biol. Repro.*, Vol. 4, 1971, pp. 309-326.
2. F. Xu, M. Schaefer, I. Kida, J. Schaefer, N. Liu, D.L. Rothman, F. Hyder, D. Restrepo, G.M. Shepherd, "Simultaneous activation of mouse main and accessory olfactory bulbs by odors or pheromones", *J. Comp. Neurol.*, Vol. 489, 2005, pp. 491-500.



3. J. Vandenberg, "Pheromones and Mammalian Reproduction", in *The Physiology of Reproduction* (Raven Press, NY, 1994), pp. 343-356.
4. Y. Kiyokawa, M. Shimozuru, T. Kikusui, Y. Takeuchi, Y. Mori, "Alarm pheromone increases defensive and risk assessment behaviors in male rats", *Physiol. Behav.*, Vol. 87, 2, 2006, pp. 383-387.
5. A.G. Gutiérrez-García, C.M. Contreras, M.R. Mendoza-López, S. Cruz-Sánchez, O. García-Barradas, J.F. Rodríguez-Landa, B. Bernal-Morales, "A single session of emotional stress produces anxiety in Wistar rats", *Behav. Brain Res.*, Vol. 167, 1, 2006, pp. 30-35.
6. A.G. Gutiérrez-García, C.M. Contreras, M.R. Mendoza-López, O. Garcia-Barradas, S. Cruz-Sanchez, "Urine from stressed rats increases immobility in receptor rats forced to swim: role of 2-heptanone", *Physiol. Behav.*, Vol. 91, 1, 2007, pp. 166-172.
7. A.G. Gutiérrez-García, C.M. Contreras, "Stressors can affect immobility time and response to imipramine in the rat forced swim test", *Pharmacol. Biochem. Behav.*, Vol. 91, 4, 2009, pp. 406-412.
8. J.E. LeDoux, "Emotional memory: in search of systems and synapses", *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, Vol. 702, 1993, pp. 149-157.
9. LM. Hughes, "Olfaction, emotion and the amygdala: arousal-dependent modulation of long-term autobiographical memory and its association with olfaction: beginning to unravel the Proust phenomenon?", *Impulse: The Premier Journal for Undergraduate Publications in the Neurosciences*, Vol. 1, 2004, pp. 1-58.
10. E. Vermetten, J.D. Bremner, "Olfaction as a traumatic reminder in posttraumatic stress disorder: case reports and review", *J. Clin. Psychiatry*, Vol. 64, 2003, pp. 202-207.
11. R.J. Blanchard, M. Yang, C.L. Li, A. Gervacio, D.C. Blanchard, "Cue and context conditioning of defensive behaviors to cat odor stimuli", *Neurosci. Biobehav. Rev.*, Vol., 25, 2001, pp. 587-595.
12. N. Boehm, B. Gasser, "Sensory receptor-like cells in the human fetal vomeronasal organ", *Neuroreport*, Vol. 4, 1993, pp. 867-870.
13. M. Meredith, "Human vomeronasal organ function: a critical review of best and worst cases", *Chem. Senses*, Vol. 26, 2001, pp. 433-445.
14. K. Stern, K.K. McClintock, "Regulation of ovulation by human pheromones", *Nature*, Vol. 392, 1998, pp. 177-179.
15. J.V. Kohl, M. Atzmüller, B. Fink, K. Grammer K., "Human Pheromones: Integrating Neuroendocrinology and Ethology", *Neuroendocrinol. Lett.*, Vol., 22, 2001, pp. 309-321.
16. T.D. Smith, K.P. Bhatnagar, "The human vomeronasal organ. Part II: prenatal development", *J. Anat.*, Vol. 197, 2000, pp. 421-436.
17. B. Schaal, T. Hummel, R. Soussignan, "Olfaction in the fetal and premature infant: functional status and clinical implications", *Clin. Perinatol.*, Vol. 31, 2004, pp. 261-285.
18. C.M. Contreras, A.G. Gutiérrez-García, "Emotional memory and chemical communication" in *The neurobiological sciences applied to psychiatry: from genes, proteins and neurotransmitters to behavior* (Research Signpost, India), en prensa.
19. L. Marlier, B. Schaal, R. Soussignan, "Neonatal responsiveness to odor of amniotic and lacteal fluids: a test of perinatal chemosensory continuity", *Child. Dev.*, Vol. 69, 1998, pp. 611-623.
20. R.H. Porter, J. Winberg, "Unique salience of maternal breast odors for newborn infants", *Neurosci. Biobehav. Rev.*, Vol. 23, 1999, pp. 439-449.
21. H. Varendi, K. Christensson, R.H. Porter, J. Winberg J, "Soothing effect of amniotic fluid smell in newborn infants", *Early Hum. Dev.*, Vol., 51, 1998, pp. 47-55.
22. P. Pageat, "Pig appeasing pheromones to decrease stress, anxiety and aggressiveness", US Patent No. 6,169, 2001, 113.
23. G. Guiraudie-Capraz, M.C. Slomianny, P. Pageat, C. Malosse, A.H. Cain, P. Orgeur, P. Nagnan-Le Meillour, "Biochemical and chemical supports of a transnatal olfactory continuity", *Chem. Senses*, Vol. 30, 2005, pp. 241-251.