

# Las bases biológicas del comportamiento materno de los roedores



Hormonas como la progesterona, los estrógenos, la prolactina y la oxitocina, así como la presencia de las crías después del parto –entre otros factores–, determinan una serie de actividades conocidas como comportamiento materno.

Juana Alba Luis, Agustín Carmona y René Cárdenas

Las interacciones entre madre e hijo son estrategias obligatorias para la sobrevivencia de los mamíferos. Al nacer, los hijos de estos vertebrados dependen exclusivamente de la madre, que es la única que está adaptada para proporcionarles alimento. Desde el momento del parto hasta el destete de las crías, la hembra de los mamíferos exhibe una serie de actividades, conocidas como comportamiento materno, encaminadas a salvaguardar la vida de sus descendientes.

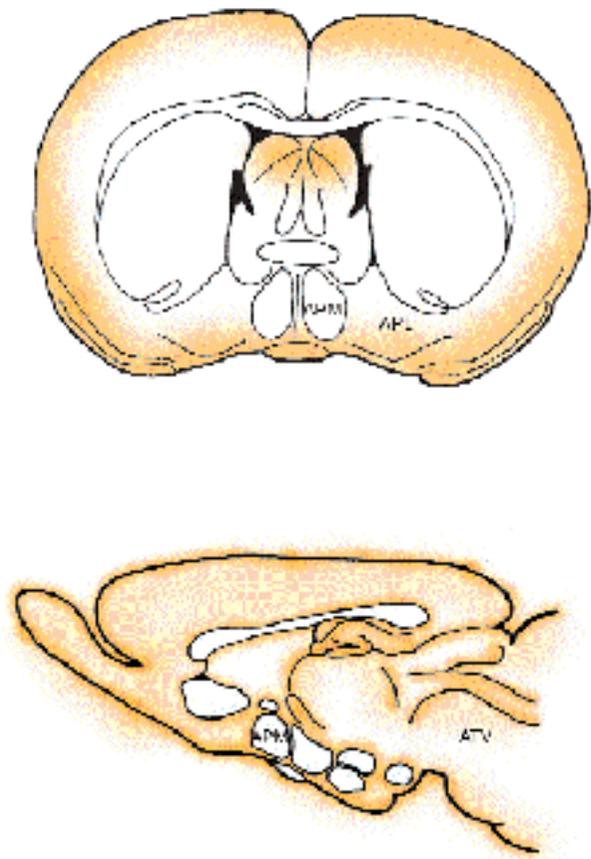
El comportamiento materno de los mamíferos varía de acuerdo al grado de desarrollo con el que nacen: en las especies con crías precoces, como los ungulados (ovejas y caballos, por ejemplo), cuyos hijos son capaces de seguir a la madre poco tiempo después del nacimiento, las actividades maternas son principalmente de amamantamiento, acicalamiento, olfateo, protección y sociabilidad. En la mayoría de los roedores (como rata, ratón y hámster), en los que las crías al nacer se hallan desnudas, son incapaces de regular su tempe-

ratura y tienen un pobre desarrollo de los órganos de los sentidos, el comportamiento materno, además de las pautas ya mencionadas, incluye el abrigo, la construcción y el mantenimiento del nido. Entre estos dos extremos existe toda una diversidad de patrones del comportamiento materno.

Los primeros estudios sobre la conducta materna fueron realizados en la rata y ratón de laboratorio. En estos roedores se describieron algunos patrones y se determinó que entre las bases biológicas que regulan esta conducta se encuentran factores neurales, hormonales y sensoriales.

## BASES NEURALES

Los estudios realizados en la rata de laboratorio señalan que las zonas del cerebro llamadas áreas preópticas media y lateral, así como el área tegmental ventral (Figura 1) intervienen en la regulación del comportamiento materno por el sistema nervioso. Estudios realizados en



**Figura 1.** Representación esquemática de los cortes frontal (A) y sagital (B) del cerebro de la rata de laboratorio, en los que muestran el área preóptica media (APM), el área preóptica lateral (APL) y el área tegmental ventral (ATV), regiones involucradas en la regulación del comportamiento materno.

la rata de laboratorio han mostrado que el área preóptica media desempeña un papel importante en la regulación neural del comportamiento materno, pues las lesiones en esta región del cerebro ocasionan trastornos en la conducta de amamantamiento y construcción del nido, y desaparece por completo la conducta de recuperación de las crías. La pérdida de esta conducta no se debe a daños motores, pues los animales lesionados son capaces de recoger con la boca pedacitos de caramelo. Si se realizan implantes de la hormona estradiol en el área preóptica media, se facilita el comportamiento materno de ratas a las que se les han extraído los ovarios y el útero, mientras que estos mismos implantes en otras regiones del cerebro no tienen el mismo efecto.

No todas las neuronas del área preóptica media intervienen en la regulación del comportamiento materno: en esta zona del cerebro también se localizan neuronas que regulan la temperatura corporal. Los animales con lesiones en esta área no pierden esta última capacidad, pero su comportamiento materno desaparece. Se ha sugerido que algunas de las neuronas que regulan la temperatura podrían también estar involucradas en la regulación del comportamiento materno, y que su termosensibilidad podría ser la vía a través de la cual la temperatura corporal afecta dicha conducta.

Estudios realizados en la rata y en el hámster sugieren que las estructuras llamadas proyecciones eferentes laterales del área preóptica media también desempeñan un papel importante en la regulación de la conducta materna. En estudios en ratas a las que se les hicieron cortes que dañaron las proyecciones laterales, dorsales, anteriores o posteriores del área preóptica media, se halló que únicamente las lesiones a las proyecciones eferentes laterales provocaron trastornos en el comportamiento materno: las conductas de recuperación de las crías y de construcción del nido fueron las más afectadas.

Realizando estudios en los que se provocaron lesiones del área preóptica media mediante la administración de ácido metilaspártico, –un aminoácido que destruye selectivamente los cuerpos neuronales–, se encontró que las neuronas del área preóptica media y sus vías eferentes son importantes en la regulación del comportamiento materno.

## BASES HORMONALES

Aunque aún falta por determinarse la posible influencia de una serie de hormonas en la conducta materna, las evidencias muestran que la progesterona, los estrógenos, la prolactina, la oxitocina y los lactógenos placentarios intervienen en la regulación de esta conducta.

Los cambios en la relación entre progesterona y estrógenos al término de la preñez señalan que estas hormonas desempeñan un papel importante en el desencadenamiento del comportamiento materno. En la rata, los niveles más altos de progesterona en la sangre se presentan en los días 14 y 15 de la gestación, y bajan a partir del día 19. Los niveles de estrógenos se empiezan a elevar a partir del día 16, alcanzando su nivel más alto el día 22. En el ratón de laboratorio la relación entre progesterona y estrógenos sigue un patrón muy similar al de la rata. Varios estudios han mostrado que la extirpación del útero (histerectomía) en hembras embarazadas por primera vez al final de la gestación facilita la respuesta materna: en ratas de laboratorio con estas características, que fueron expuestas a crías ajenas de su misma especie entre las 24 y 48 horas siguientes a la cirugía, la conducta materna tardó en presentarse de cero a un día, en contraste con los cuatro a cinco días que tardó en presentarse en las ratas de control (hembras intactas). Esta facilitación de la conducta materna se debió a una disminución en los niveles de la progesterona, con una sobreposición de una mayor secreción de estradiol. La histerectomía ocasiona una disminución en los niveles de progesterona, probablemente debido a que al extirpar la placenta se interrumpe el efecto de las hormonas lactógenas, que inducen la liberación de progesterona en la segunda mitad de la preñez.

El papel que desempeñan los estrógenos en la facilitación de la conducta materna ha sido demostrado en varios estudios: cuando se administra benzoato de estradiol a hembras preñadas a las que se les extrajeron ovarios y útero en el día 16 de la gestación, 80% de ellas exhiben conducta materna en la primera exposición a las crías, mientras que las hembras no tratadas tardan tres días en exhibir la conducta materna. El incremento en la respuesta materna de hembras preñadas sin ovarios ni útero que fueron tratadas con estrógenos

### El papel que desempeñan los estrógenos en la facilitación de la conducta materna ha sido demostrado en varios estudios

coincidió con un incremento en la concentración de receptores a esta hormona en el área preóptica media. Al inicio de la preñez, la concentración de receptores a estrógenos en el área preóptica media es baja, pero a partir del día diez empieza a incrementarse, alcanzando su máxima concentración el día 16, y se mantiene así hasta el parto. La alta concentración de receptores a estrógenos en el área preóptica media coincide con una mayor sensibilidad de la hembra a la estimulación por la presencia de las crías.

La ovariectomía puede facilitar la conducta materna aun sin la administración de benzoato de estradiol: hembras a las que se les extrajeron ovarios y útero y que fueron sometidas a pruebas de sensibilización 24 horas después, tardan menos en exhibir la conducta materna que las hembras intactas. Esta facilitación del comportamiento materno es bloqueada si se administra progesterona en el momento de la cirugía, lo cual muestra que la disminución de progesterona, por sí misma, tiene efectos facilitadores de la conducta materna.

Cuando a ratas vírgenes sin ovarios se les implanta bajo la piel cápsulas que contienen las hormonas estradiol y progesterona, cuya liberación imita los niveles plasmáticos de esas hormonas a partir de la mitad de la preñez y hasta su término, se comportan maternalmente en el primer o segundo día de exposición a las crías, mientras que las hembras con implantes “blancos” (sin hormonas) tardan siete días.

En el ratón de laboratorio también se ha observado un incremento en la respuesta materna en el último tercio de la preñez. Por ejemplo, al final de la gestación las hembras que no han tenido ningún parto

recuperan más rápidamente a las crías cuando son separadas de ellas que las hembras vírgenes adultas.

En la rata de laboratorio, la preñez o el parto no constituyen condiciones necesarias para el inicio de la conducta materna, pues cuando las hembras vírgenes se sensibilizan a través de la exposición a crías recién nacidas, presentan conducta materna después de un periodo de varios días. El comportamiento materno provocado por la sensibilización puede mantenerse tanto tiempo como permanezcan las crías con la hembra, y aun por periodos más largos. Los patrones de movimiento de la conducta materna evocada por sensibilización son similares a los de las hembras luego del parto, excepto por la ausencia de lactancia. Sin embargo, al comparar el tiempo que tarda en presentarse la respuesta materna de hembras vírgenes adultas y de hembras preñadas por primera vez y que se hallan en el último tercio del embarazo, se observa que estas últimas tardan significativamente menos que las hembras vírgenes. Asimismo, cuando se compara la conducta de recuperación de las crías de hembras luego del parto con la de hembras sensibilizadas, se observa que sólo las verdaderas madres recuperan a sus hijos. Otra diferencia notoria entre la conducta materna espontánea y la evocada, es que en las hembras sensibilizadas no se observa la característica agresión de las madres después del parto.

Otras hormonas que también influyen en la conducta materna son la prolactina y la oxitocina; el efecto facilitador de estas hormonas en la conducta materna requiere que haya estimulación previa de estrógenos.

Los niveles de prolactina se incrementan al final de la preñez en respuesta a un aumento en la liberación de estrógenos ováricos.

La prolactina es una proteína de gran tamaño, por lo que se cree que no puede atravesar la barrera hematoencefálica y llegar al sistema nervioso central. Sin embargo, cuando es introducida en el líquido cerebroespinal, que rodea al cerebro, o directamente en el área preóptica media de hembras previamente tratadas con estrógenos, provoca la conducta materna. Está claramente establecido que la prolactina puede actuar en el área preóptica media y en otros sitios del sistema nervioso central.

Por otra parte, a través de las técnicas de radioinmunoanálisis e inmunocitoquímicas, que utilizan elementos radiactivos y anticuerpos marcados para estudiar la localización de sustancias en los tejidos, se ha demostrado que la hipófisis no es la única fuente de prolactina, pues se ha encontrado que dentro del mismo cerebro existen células que sintetizan esta hormona. Estas células se han localizado en diferentes zonas del cerebro, y sus fibras se proyectan a zonas relacionadas con la conducta materna, como el área preóptica media.

Aunque no se ha establecido si la prolactina que produce la hipófisis puede entrar normalmente al cerebro y estimular así el comportamiento materno, sí se ha demostrado que la prolactina de la sangre penetra hasta el líquido cerebroespinal, y presumiblemente al cerebro, por medio de un sistema de transporte localizado en el llamado plexo coroideo. Sin embargo, aún se desconoce si las fluctuaciones en los niveles de prolactina sanguínea producida en la hipófisis afectan los niveles de esta hormona en el líquido cerebroespinal y otros sitios del cerebro.

Como se mencionó, la oxitocina tiene un papel facilitador de la conducta materna: cuando se somete a ratas a las que se les han extraído los ovarios y el útero a un pretratamiento de estrógenos, y dos días después se les administra oxitocina en el líquido cerebroespinal, exhiben comportamiento materno dentro de las primeras horas siguientes a la administración, mientras que las hembras que no reciben el tratamiento con estrógenos no despliegan conducta materna con la administración de oxitocina.

La administración de sustancias antagonistas de la oxitocina en el líquido cerebroespinal ocasiona un considerable retraso en la conducta materna de hembras preñadas sin ovarios ni útero y pretratadas con estrógenos. Asimismo, cuando a hembras parturientas se les administran antagonistas de la oxitocina se observa también un retraso en el inicio de la conducta materna.

La oxitocina también influye en el comportamiento materno del ratón: en los ratones silvestres, las hembras preñadas generalmente se comen a las crías que se les presentan antes del parto. Sin embargo, si se les administra oxitocina mientras se comen a las crías, terminan por mostrar comportamiento materno.

En la rata de laboratorio, las lesiones de los núcleos paraventriculares (región en la que se localizan la mayoría de las neuronas que secretan oxitocina) durante la preñez ocasionan un incremento en el canibalismo y alargan el tiempo de recuperación, así como trastornos evidentes en las conductas de abrigo, recuperación, aseo y reconstrucción del nido.

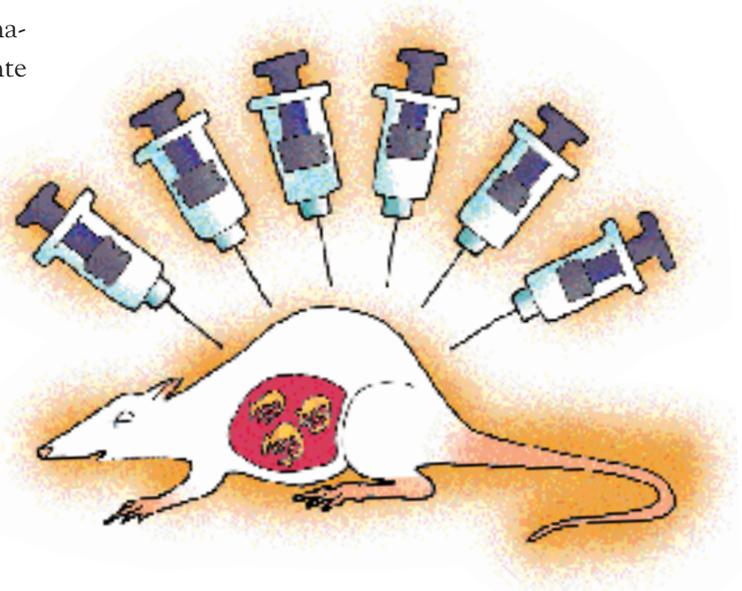
### LACTÓGENOS PLACENTARIOS

Los lactógenos placentarios son hormonas proteicas liberadas por la placenta, que como la prolactina promueven el desarrollo de la glándula mamaria. La rata secreta dos hormonas lactogénicas placentarias, las cuales alcanzan su nivel máximo en la sangre durante la segunda mitad de la preñez, y pueden hallarse en el líquido cerebroespinal en el día 18 de la gestación.

Se ha mostrado que los lactógenos placentarios intervienen en la regulación del inicio de la conducta materna: cuando ratas que nunca han dado a luz y que previamente han recibido esteroides y bromocriptina (substancia que inhibe la liberación de prolactina) son tratadas con estas hormonas directamente en el área preóptica media, se estimula un rápido inicio de la conducta materna. Además, *in vitro* los lactógenos placentarios marcados radiactivamente se unen a sus receptores localizados en el área preóptica media, una de las regiones más importantes en la regulación neural del comportamiento materno. También se ha demostrado que los lactógenos placentarios secretados por el embrión están presentes en el líquido cerebroespinal durante la segunda mitad de la preñez.

### BASES SENSORIALES

Varios estudios señalan que la conducta materna de la rata de laboratorio después del parto es mantenida por la presencia de las crías: cuando a ratas que han dado a luz por primera vez se les separa de sus hijos inmediatamente después del parto, y cuatro días después se les somete a pruebas de sensibilización, se observa un efecto evidente en la conducta materna. Sin embargo, si las crías son separadas de la madre a los tres días de na-



cidas, no se observan alteraciones. Estos resultados sugieren que los cambios fisiológicos asociados al parto, aunados a la estimulación de la presencia de las crías al inicio del postparto son determinantes para el establecimiento de la conducta materna. En el hámster la separación de las crías a las 24 horas siguientes al parto ocasiona que una semana después las madres exhiban canibalismo, mientras que si las crías permanecen con ellas, son capaces de adoptar a las crías ajenas.

En otros estudios se ha podido prolongar la conducta materna de la rata, hámster y jerbo (otra especie de roedor), al sustituir a las crías de 8 a 10 días de edad por recién nacidas, observándose que la cantidad y calidad de la conducta materna depende de la edad de las crías. Esto indica que los altos niveles de conducta materna en el inicio del postparto son debidos a la estimulación provocada por las crías recién nacidas, mientras que las crías de más edad no son capaces de inducir los mismos niveles. Estos estudios señalan que la presencia de las crías desempeña un papel importante en el mantenimiento de la conducta materna, aunque se desconocen los mecanismos a través de los cuales la estimulación sensorial pudiera ser traducida en cambios en los sistemas neurales y hormonales.

Otras investigaciones han tratado de establecer la importancia que tienen los estímulos olfatorios y auditivos en la regulación del comportamiento materno. En la rata de laboratorio se ha demostrado que las hembras lactantes son atraídas por los sonidos que producen las crías, mientras que se muestran indiferentes ante sonidos de control.

Asimismo, los sonidos de las crías también estimulan la conducta de búsqueda de las hembras lactantes en el ratón de laboratorio y en el cuyo.

En la rata, la estimulación olfatoria que ejercen las crías sobre la madre interactúa con los sonidos producidos por las crías para atraer a las hembras lactantes, pero los sonidos son los que le indican la dirección. Aunque en la rata se ha demostrado que los estímulos olfatorios y auditivos influyen en la conducta materna, otros estímulos como los táctiles, gustativos y aun visuales podrían también ejercer efectos estimulantes en el comportamiento materno de este roedor.

Rosenblatt y colaboradores (1979) sugieren que el comportamiento materno inmediato al parto es mediado por factores internos que operan durante la preñez, y que después es mantenido por la estimulación que ejercen las crías.

## Bibliografía

- Bridges, R. S., (1996), "Biochemical basis of parental behavior in the rat", *Advances Study of Behavior* 25, pp. 215-242.
- Bridges, R. S., M. C. Robertson, P. C. Shiu, H. G. Friesen, A. M. Stuer y P. E. Mann, (1996), "Endocrine Communication between conceptus and mother: Placental Lactogen Stimulation of Maternal behavior", *Neuroendocrinology* 64, pp. 57-64.
- Felton, M. T., N. Linton y J. S. Rosenblatt, (1999), "Estrogen implants in the lateral habenular nucleus do not stimulate the onset of maternal behavior in female rats", *Hormones and Behavior*, 35, pp. 71-80.
- Mayer, A. D., (1983), "The ontogeny of maternal behaviour in rodents", en R. W. Elwood (comp.), *Parental behaviour of rodents*, John Wiley & Sons, Chichester, pp. 1-21.
- Numan, M., (1986), "The role of the preoptic area in the regulation of maternal behavior in the rat", en *Reproduction and behavior, neuroendocrine sciences*. Annals New York Academy of Sciences, Nueva York, 479, pp. 227-233.
- Numan, M., (1988), "Maternal Behavior", en *The physiology of reproduction*, Knobil, E., J. Neill, L. Ewing, G. Greenwald, C. Markert y D. Pfaff (comps.), Raven Press, Nueva York, pp. 1569-1645.

Numan, M. y M. J. Numan, (1994), "Expression of Fos-like immunoreactivity in the preoptic area of maternally behaving virgin and postpartum rats", *Behavior Neurosciences*, 108, pp. 379-394.

Rosenblatt, J. S., H. I. Siegel y A. D. Mayer, (1979), "Progress in study of maternal behavior in the rat: Hormonal, non-hormonal, sensory, and developmental aspects", en *Advances in the study of behavior*, J. S. Rosenblatt, R. A. Hinde, C. G. Beer y M. C. Busnel (comps.), Academic Press, Nueva York, vol. 10, pp. 225-311.

Rosenblatt, J. S., A. D. Mayer, H. Adhieh y H. I. Siegel, (1988), "Hormonal basis during pregnancy for the onset of maternal behavior in the rat", *Psychoneuroendocrinology*, 13, pp. 29-46.

Rosenblatt, J. S., (1992), "Hormone-Behavior relations in the regulation of parental behavior", en B. J. Becker, S. M. Breedlove y D. Crews (comps), *Behavioral Endocrinology*. A Bradford Book/Mit Press, Londres, pp. 219-285.

Rosenblatt, J. S., A. Olufowobi y H. I. Siegel, (1998), "Effects of pregnancy hormones on maternal responsiveness, responsiveness to estrogen stimulation of maternal behavior, and the lordosis response to estrogen stimulation", *Hormones and Behavior* 33, pp. 104-114.

Swanson, L. J. y C. S. Campbell, (1981), "The role of the young in the control of the hormonal events during lactation and behavioral weaning in the golden hamster", *Hormones and Behavior*, 15, pp. 1-15.

---

**Agustín Carmona Castro** estudió licenciatura y posgrado en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. Ha trabajado en las áreas de nutrición, patología experimental y comportamiento animal, especialmente con roedores. Es coautor de diversos artículos, miembro de la Asociación Mexicana de la Ciencia de los Animales de Laboratorio y ha participado en varios congresos nacionales e internacionales. Actualmente es profesor del Departamento de Biología Celular en la Facultad de Ciencias de la UNAM.

**Juana Alba Luis Díaz** estudió la licenciatura en biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM, donde también realizó la maestría y el doctorado en ciencias. Actualmente trabaja como profesora e investigadora en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, de la misma institución, impartiendo la cátedra de biología del desarrollo. Ha participado como ponente en congresos nacionales e internacionales y ha publicado artículos en revistas nacionales e internacionales.

**René Cárdenas Vázquez** estudió la licenciatura en biología y la maestría en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Es doctor en bioquímica clínica por la Universidad de Londres, Inglaterra. Ha participado en diversos simposios y publicado varios artículos en revistas nacionales e internacionales. Actualmente es profesor titular del Departamento de Biología Celular en la Facultad de Ciencias de la UNAM.

1962  
1963  
1964  
1965  
1966  
1967  
1968  
1969  
1970  
1971  
1972  
1973  
1974  
1975  
1976  
1977  
1978  
1979  
1980  
1981  
1982  
1983  
1984  
1985  
1986  
1987  
1988  
1989  
1990  
1991  
1992  
1993  
1994  
1995  
1996  
1997  
1998  
1999  
2000  
2001  
2002  
2003  
2004  
2005  
2006  
2007  
2008  
2009  
2010  
2011  
2012  
2013  
2014  
2015  
2016  
2017  
2018  
2019  
2020  
2021  
2022  
2023  
2024  
2025

