



## Bases psicobiológicas de la corresponsabilidad paterna

*Psychobiological basis of fathering*

Hernán Villalón<sup>a,b</sup>, Camila Werner<sup>c</sup>, Camila Decombe<sup>c</sup>, Daniela Tuma<sup>d</sup>, Freddie Rybertt<sup>b</sup>, Cristián Silva<sup>b</sup>.

<sup>a</sup> Profesor de Pediatría. Facultad de Medicina, Universidad de los Andes. Santiago. Chile

<sup>b</sup> Servicio de Neonatología, Clínica Las Condes. Santiago. Chile

<sup>c</sup> Internas de Pediatría. Facultad de Medicina, Universidad de los Andes. Santiago. Chile

<sup>d</sup> Psicóloga clínica infanto-juvenil. Magister Pontificia Universidad Católica de San Pablo. Brasil.

### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

#### Historia del Artículo:

Recibido: 11 08 2021.

Aceptado: 07 11 2021.

#### Palabras clave:

Corresponsabilidad Paterna; Paternidad; Cuidados Paternos; Endocrino; Neurológica; Neuroendocrino; Psicobiológicas; Crianza; Evolución Humana.

#### Key words:

Fathering; Neuroendocrine; Psychobiological; Neurological; Endocrine; Human Evolution; Parenting.

### RESUMEN

*La crianza cooperativa y en especial la participación paterna en los cuidados de los hijos desde etapas tempranas, ha sido un factor decisivo en la filogenia de nuestra especie, y considerado una de las adaptaciones importantes en la separación evolutiva con el resto de los primates, la neotenia. Esto permitió un desarrollo cerebral acelerado, en recién nacidos poco autónomos y altamente dependientes de sus padres, lo que se conoce como "desarrollo altricial". Este es un modelo frecuente en aves, con una alta participación del padre (90%), pero escaso en mamíferos (10%). El objetivo de esta revisión es presentar evidencias acerca de la existencia de mecanismos neuroendocrinos y neurológicos que condicionen ancestralmente esta conducta en padres humanos. La literatura revisada que incluye estudios en humanos, animales y paleoantropológicos, sugiere que en la filogenia de nuestra especie se han sucedido cambios neuroendocrinos y cerebrales que han contribuido a la adquisición de conductas de "paternalidad", decisivos para la sobrevivencia y posiblemente adaptativos hasta los tiempos actuales.*

### SUMMARY

*Fathering since early stages, has been decisive in our species phylogeny, considering one of the most important adaptation in the evolutionary path separation with the rest of primates, neoteny. This allowed high brain development, but poorly autonomous newborns, highly dependent on their parents, which is known as "altricial development".*

*This is a known model in birds, with fathering about 90%, but very low in mammals (10%).*

*The aim of this review is to search for evidence about the existence of neuroendocrine conditioning of this ancestrally inherited behavior in human fathers. Evidence based on neurosciences in human, animal and paleoanthropological studies, suggests that the acquisition of this behavior in the phylogeny of our species was decisive in the survival up to the present time.*

✉ Autor para correspondencia

Correo electrónico: hvillalon@clinicalascondes.cl

<https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2021.11.001>

e-ISSN: 2531-0186/ ISSN: 0716-8640/© 2021 Revista Médica Clínica Las Condes.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



## INTRODUCCIÓN

En la historia, la madre ha tenido un rol protagónico en la crianza de los hijos y es la responsable de los cuidados diarios, alimentación y del desarrollo del niño.

Los cambios socioculturales y económicos de las últimas décadas han favorecido una mayor participación paterna, llevando a una reestructuración en los roles familiares.

El término alomaternidad fue acuñado en 1975 por el biólogo evolucionista Edward O. Wilson, al unir la palabra griega “allo-” (‘otro que’) con “maternidad” para describir el cuidado de los niños por parte de cualquier miembro del grupo que no sea la madre biológica, incluidos los padres u otros miembros de la familia<sup>1</sup>. Para entender mejor este fenómeno, se puede observar cómo se presenta este comportamiento en el medio animal.

Así, existe evidencia de participación paterna en los cuidados tempranos de sus crías, aunque en proporción variable, frecuente en aves (90%) y escaso en mamíferos (10%)<sup>2</sup>. En las aves, el nacimiento de crías con muy poca autonomía y alta dependencia de cuidados parentales -desarrollo altricial-, se ha sustentado por una estrategia colaborativa con participación de ambos progenitores, que ha resultado exitosa en términos evolutivos<sup>2</sup>.

En la especie humana, el camino evolutivo lo alejó de sus ancestros primates, no sólo en términos anatómicos sino también conductuales, ante la necesidad de adaptarse a nuevos ecosistemas y cambiar sus métodos de supervivencia, pasando de una estrategia alimentaria frugívora-recolectora en las copas arbóreas, a una basada en la cacería y consumo de alimentos crecidos a nivel del suelo, sin contar con recursos apropiados para ello, como son la velocidad, visión dinámica, fauces, cornamentas, garras y otros, capaces de proveer dichos alimentos<sup>3</sup>. Las adaptaciones evolutivas más exitosas fueron el paso a la bipedestación, que le permitió recorrer largas distancias, y el alto nivel de encefalización<sup>4</sup>. Esto llevó a lo que se ha llamado, “dilema obstétrico”, por la necesidad de nacer con un volumen encefálico mayor a través de un canal de parto más estrecho<sup>5</sup>. La estrategia fue un proceso conocido como “neotenia”, que consiste en nacer con un cerebro relativamente pequeño, muy poca autonomía y alta dependencia parental. Si bien, debe completar gran parte de su crecimiento y desarrollo fuera del útero, esto permitió un crecimiento postnatal prolongado, y en consecuencia un volumen encefálico final muchísimo mayor<sup>6</sup>.

El rol del padre en el cuidado temprano de los niños podría haber surgido de esta estrategia evolutiva. En esta condición altricial, los recién nacidos humanos requieren de muchos cuidados por un largo período de tiempo, lo que implica un gran gasto en tiempo y energía por parte de los cuidadores<sup>7</sup>. Otro efecto de esta coparentalidad sería mejorar la fertilidad materna al disminuir los intervalos inter-embarazo, y contar con alimentos de mejor calidad nutricional<sup>8</sup>.

La mayor participación de los padres en los cuidados de sus hijos motiva a comprender las bases psicobiológicas y neurológicas asociadas a este proceso. Considerando lo recién planteado, se intentará buscar mecanismos biológicos ancestralmente condicionantes de esta conducta en padres humanos e intentando extrapolar desde el mundo animal, aunque circunscrito al ámbito neuroendocrino sin incluir otros factores (epigenética, ambientales) por exceder los propósitos de esta revisión. Por lo tanto, se efectuará un análisis en la literatura, acerca de estos mecanismos neuroendocrinos y neurológicos que subyacerían al rol paterno en la crianza temprana de sus hijos. Para ello se realizó una búsqueda conceptual a partir de algunos términos: “*fathering*”, “*psychobiological*”, “*neuroendocrine*”, “*human evolution*”.

## COPARENTALIDAD EN EL MUNDO ANIMAL

El comportamiento paterno es crítico para la supervivencia de las crías en muchas especies y frecuente en peces, pájaros, insectos y gusanos; sin embargo, es excepcional en mamíferos, observándose biparentalidad en muy pocos. Pueden ser cuidados indirectos (transporte, defensa, provisionamiento) o directos (cargar, aseo, alimentación, otros) y ocurren, principalmente, en especies monógamas lo que sugiere un vínculo de pareja como promotor de este comportamiento<sup>1,9</sup>. La biparentalidad en mamíferos se acompaña de un cortejo activo y/o de la construcción de un nido, estas conductas podrían modificar el cerebro paterno antes del cuidado parental. Se desconoce los mecanismos neurales involucrados<sup>10</sup>.

En algunas especies, la formación de un vínculo de pareja puede estar fuertemente influido por el tipo de cuidados recibidos en etapas tempranas: monoparental o biparental<sup>11</sup>.

Coparentalidad en mamíferos, ha sido observada en algunos primates, en los que el macho acompaña a la hembra, protegiendo contra depredadores e infanticidio por parte de otros machos de la manada. De esta manera, la biparentalidad habría surgido como opción para tiempos más cortos de lactancia, favoreciendo la reproducción y disminuyendo el riesgo de ataques por machos ajenos. Incluso, en los *monos tití* ha llegado a ser el padre el cuidador principal<sup>1</sup>. En el mismo género primate, otras especies como el gorila planteado tienden a matar a las crías tras la muerte de un macho dominante para evitar competencias en su ecosistema, así como en los gorilas de montaña, en el que hay una asociación positiva entre cuidados parentales a crías propias y ajenas y fecundidad. De esta manera, en una misma familia zoológica, se observan comportamientos diametralmente opuestos, como parentalismo e infanticidio<sup>12,13</sup>.

Los *topillos de la pradera o degú*, frecuentemente utilizados como ejemplo en el mundo animal, para estudios neurobiológicos de vida en pareja y las consecuencias de ausencia paterna, ya que en una misma especie hay individuos polígamos y sin cuidados

por sus crías y, otros, monógamos con parentalidad<sup>11</sup>. Estos, en la vida silvestre, forman parejas únicas y practican la crianza en un modelo de biparentalidad. La ausencia de padre no influye en aspectos como el peso de nacimiento u otros parámetros biológicos, pero sí en dificultad en la formación de vínculos de pareja cuando adultos<sup>11</sup>. Al inyectar, en machos de esta especie, arginina-vasopresina en el septum lateral, región cerebral implicada en actos relacionados a la crianza, mejoró esta capacidad y conductas de parentalidad<sup>10</sup>.

La escasez de especies con cuidados paternos, entre mamíferos comunes, ha dificultado nuestra comprensión de los mecanismos neuroendocrinos que regulan este comportamiento.

### BASES NEUROENDOCRINAS

En cuanto a las hormonas, estas cumplen un rol muy importante en el desarrollo de comportamientos, tanto maternos como paternos. En los mamíferos se incluyen conductas diversas, aunque en la minoría de estos machos, las hay hacia la crianza; uno de éstos, en la especie humana. Así, la expresión de actitudes parentales específicas es propia de cada especie, para dar protección y respuestas inmediatas a las necesidades físicas y emocionales de su cría para un óptimo desarrollo<sup>1</sup>. En estos procesos, las hormonas, como mecanismos biológicos, juegan un rol fundamental<sup>14</sup>.

Las cinco hormonas más estudiadas, en humanos y otras especies, son la oxitocina (OT), testosterona (T), arginina-vasopresina (AVP), prolactina (PRL) y cortisol (CORT).

#### Oxitocina (OT)

En mamíferos, los comportamientos maternos están genéticamente programados y se activan mediante procesos biológicos como el embarazo, parto y lactancia<sup>1</sup>.

La principal hormona implicada en el nacimiento y lactancia es la oxitocina, reconocida como la "hormona materna". Es un péptido con importantes funciones en la reproducción de los mamíferos (eyección láctea, contracciones uterinas, orgasmo), así como en comportamientos sociales y apego<sup>15,16</sup>. Niveles elevados de OT en plasma durante el embarazo y posparto predicen el apego materno, compromiso y sincronía madre-hijo<sup>17</sup>. Se creía una hormona exclusiva de la maternidad; sin embargo, en padres también tiene un rol relacionado con la crianza. Así, en primates, los cambios de OT en el macho antes del nacimiento se asocian con una mayor capacidad de respuesta paterna y contacto con la hembra embarazada o nodriza, además la exposición a señales de la cría puede influir en los niveles de esta hormona<sup>16</sup>.

En humanos, durante los primeros seis meses de crianza, se ha visto que la OT se mantiene en niveles altos y estables en padres y madres<sup>17</sup>. Esto es consistente con estudios previos, que muestran mayores niveles de OT en padres emparejados que en solteros sin hijos<sup>18</sup>.

La OT no solo promueve conductas paternas, sino que también dirige estas actitudes a un comportamiento específico. Así, en madres se correlaciona con contacto afectuoso, mirada social y vocalizaciones, mientras en padres se asocia a contacto estimulante para el niño, como paseos, contacto propioceptivo y estimulación táctil<sup>17</sup>, contribuyendo así a la sinaptogénesis temprana mediada por fibras amielínicas C-táctiles y estimulación vestibular propioceptiva<sup>19</sup>. Se describe asimismo un importante rol indirecto en las relaciones e interacciones grupales y afectivas mediadas por este mecanismo neurológico y facilitadas por esta hormona<sup>20</sup>. La administración intranasal de OT aumenta el comportamiento explorador durante el juego padre-hijo<sup>21,22</sup>, así como una retroalimentación positiva mutua en los niveles de esta hormona, la que aumenta tras 15 minutos de interacción padre-hijo<sup>1</sup>.

#### Testosterona (T)

La testosterona ha sido muy estudiada en su relación con el comportamiento de paternidad. Mayores niveles se asocian a apareamiento y territorialidad, mientras que más bajos, con actitudes de crianza y cuidado parental<sup>23</sup>. Se ha visto en la naturaleza, que variaciones plasmáticas de esta hormona, podrían influir en estos diferentes comportamientos, en un mismo individuo en momentos distintos. En tamarinos de cabeza de algodón, el nivel de testosterona en machos puede aumentar durante el posparto si las hembras muestran disposición a aparearse<sup>16</sup>. En el *mono titi*, padres que cargan a sus crías por tiempos prolongados, muestran menores niveles en orina y disminución de los esteroides gonadales y, el olor de la cría propia en edades tempranas disminuye el nivel de andrógenos en sangre promoviendo una conducta de cuidados y atención a las necesidades de ella<sup>22</sup>.

En hombres, al aproximarse la paternidad presentan una disminución de testosterona y, a menores niveles de esta hormona, mayor participación en la crianza<sup>14</sup>. Lo mismo durante el embarazo en pareja<sup>14,24</sup>. Un meta-análisis reciente mostró que quienes son padres tienen niveles más bajos de testosterona que aquellos sin hijos y, si, además están involucrados en la crianza, son aún menores<sup>23</sup>. Esto sugiere que la experiencia de cuidado paterno, en sí misma, podría reducir los niveles de esta hormona<sup>16,22</sup>. El llanto infantil, asociado con acciones de cuidados posteriores, promueve un decremento androgénico y, lo opuesto ocurre, ante la imposibilidad de ejecutarlos<sup>1,22</sup>. Otro estudio reciente mostró que un grupo de hombres con un significativo descenso de testosterona durante el periodo perinatal tuvo un alto compromiso con la crianza de sus hijos y parejas, así como una mayor satisfacción con la unidad familiar<sup>25</sup>. Lo mismo en relación con la participación del padre en actividades de cuidado directo, más que en el juego u otras más placenteras, en que la testosterona basal en sangre era menor<sup>14</sup>. Por el contrario, niños criados en ambientes duros e impredecibles, en su vida adulta tienden a tener niveles de testosterona más altos y menor disminución de ésta asociada a la paternidad<sup>26</sup>. Pocos estudios analizan la relación de la testosterona con el

cuidado materno<sup>16</sup>. Al parecer es más sutil y no es estable ni predictiva del comportamiento, aunque alguna evidencia sugiere un efecto sobre la OT, reforzando los cuidados maternos y proporcionando así un entorno neuroendocrino que apoya la vigilancia y el compromiso social<sup>15</sup>.

### **Prolactina (PRL)**

La PRL es una hormona proteica que interviene en la reproducción de los mamíferos y galactopoyesis. También en el metabolismo y sistema inmune. Se le ha relacionado con comportamiento materno en mamíferos y paterno en aves; sin embargo, su efecto en mamíferos machos no ha mostrado resultados consistentes<sup>15</sup>. En roedores, los aumentos de PRL se han asociado con actitudes paternas y, en primates, con el porteo por parte del cuidador macho<sup>27</sup>; sin embargo, estudios con disminución experimental de PRL, en modelos con roedores y primates biparentales, no han mostrado merma en la conducta parental<sup>28,29</sup>.

En humanos, los niveles de PRL se han visto asociados a juego explorador padre-hijo, incluyendo la presentación, manipulación y atención dirigida del niño hacia los juguetes<sup>30</sup>.

La PRL pareciera ser una hormona más ligada a experiencias personales, con niveles más estables en hombres que visitaban con frecuencia a sus hijos y parejas, y, más bajos en aquellos co-residentes y en solteros. Podría relacionarse con el inicio del contacto tras la separación<sup>31</sup>.

### **Vasopresina (AVP)**

La AVP, tradicionalmente conocida por su rol en el equilibrio hídrico, recientemente ha cobrado importancia por sus implicancias en las interacciones sociales, incluyendo el vínculo de la pareja y la crianza<sup>15</sup>.

La investigación sobre la AVP en el comportamiento paterno humano es escasa, por lo que las observaciones son, mayoritariamente, en modelo animal. En éstos, se ha visto que se asocia con el vínculo masculino, incrementando el comportamiento defensivo y territorial, relacionados con la protección de la pareja y crías. En humanos, tendría un rol en la cognición social y percepción de rostros<sup>32</sup>. En los topillos de la pradera, machos monógamos, están elevados los niveles de esta hormona tras el apareamiento y estaría vinculado a territorialidad y protección de la pareja<sup>24</sup>.

En humanos, en la interacción padre-hijo, hay una AVP más alta en padres que presentan un juego más estimulante con sus hijos<sup>33</sup>. Esto concuerda con lo reportado previamente sobre una asociación positiva entre niveles de AVP y número de comportamientos paternos observados, tanto en *topillos de la pradera* como en *ratones de California* y *peces pipa*<sup>10</sup>.

La administración de vasopresina a padres humanos aumenta la sensibilidad y acercamiento ante el llanto, reflejando un posible rol en la respuesta al estrés del hijo<sup>24</sup>; así mismo, una conducta

de empatía, en padres con experiencias positivas de parentalidad en su infancia<sup>1</sup>.

### **Cortisol (CORT)**

El cortisol, en el corto plazo, ayuda a aportar energía a los tejidos y a facilitar respuestas cognitivas y de comportamiento ante el estrés. El cuidado de los niños requiere constante atención y preocupación, con una sensación de impredecible poco control, lo que lleva a una activación del eje hipotálamo-hipofisario-adrenal (HHA)<sup>14</sup>.

El CORT en padres aumenta ante el llanto y disminuye al cargar a su hijo recién nacido o, cuando interactúa de manera placentera y juguetona con éste<sup>24</sup>, mientras que en las madres se ha visto asociado a mayor interés en los olores del niño, actitudes maternas positivas y comportamientos de acercamiento<sup>14</sup>. La variabilidad del cortisol es importante. Si bien, se ha relacionado con una buena parentalidad, los niveles crónicamente elevados resultan contraproducentes para la crianza y con efectos negativos sobre la salud mental<sup>14,24</sup>. Los niveles de CORT el día del nacimiento se modifican acorde a la participación directa como indirecta en cuidados del hijo. Esto puede reflejar la capacidad de activación del eje HHA, lo que permitiría una mejor reacción ante situaciones de estrés, focalizando el esfuerzo del padre en la crianza<sup>14</sup>.

Por último, en cuanto al efecto del CORT en el desarrollo de la cría, se ha visto que en los roedores con crianza biparental y más estimulación, principalmente lamidos en etapas tempranas, modula una respuesta hipotalámica-hipofisaria-adrenal que baja la ansiedad y que podría promover una mayor actitud hacia el vínculo de pareja por parte de las mismas crías una vez adultos, aunque el mecanismo de este último comportamiento no está dilucidado<sup>11</sup>.

## **INTERACCIONES**

Las hormonas recién analizadas han sido ampliamente investigadas en humanos y animales; Sin embargo, pocos estudios examinaron su interacción para predecir comportamientos parentales y arrojaron resultados discordantes<sup>16</sup>. Por lo tanto, es importante tener en consideración las potenciales interacciones y efectos<sup>22</sup>. Una de éstas evalúa la secreción de testosterona salival en padres tras la administración de oxitocina. Aunque se observó un incremento, hubo una mejoría en el comportamiento paterno, reflejado en la mirada social, tacto estimulante y sincronía vocal<sup>34</sup>. Esto sugiere una compleja interacción entre estas dos hormonas que puede modificar conductas paternas. Estos hallazgos no se repitieron en otro estudio posterior, lo que orienta a una compleja asociación no lineal y, posiblemente, influenciado por otros procesos biológicos, por lo que la transición a la paternidad podría estar modulada por el género, tiempo y contexto social - ambiental<sup>16</sup>.

También contradictoria ha resultado la interacción entre el CORT y testosterona, con evidencias que muestran cuidados más sensibles asociados a testosterona y CORT bajos<sup>14</sup> y, otras, a testosterona baja y CORT alto<sup>35</sup>. No se ha logrado dilucidar si esta diferencia es por error metodológico o falta de interacción entre estas hormonas<sup>15</sup>.

Por último, entre oxitocina y cortisol –aunque ambas son críticas para el establecimiento del cuidado materno– no se ha encontrado una correlación relacionada con la crianza<sup>16</sup>.

### TRANSMISIÓN TRANSGENERACIONAL DE OXITOCINA Y SINCRONÍA PADRE - HIJO

La sincronía madre-hijo y padre-hijo, tiene una base hormonal y se define como la adaptación del comportamiento parental específico con el estado del niño y sus señales sociales. Aunque similar, puede diferir entre padres. La interacción madre-hijo se manifiesta en un contacto cara a cara, en el que aparecen conductas de mirada recíproca, vocalizaciones y tacto afectuoso. En el caso del padre, está enfocada en el ambiente y asociada a un mayor contacto estimulante, promotor de la curiosidad y exploración de experiencias intensas, ante la certeza de una base segura<sup>1</sup>. La oxitocina cumple un rol capital, en padres e hijos, en este comportamiento sincrónico. Esta acción de la oxitocina, intergeneracional, había sido reportada previamente en roedores<sup>16</sup>.

El desarrollo de competencias sociales en preescolares está influido por la interacción de reciprocidad con ambos padres. La materna, influye en la relación con pares y en el desarrollo de amistades. La paterna, en la reducción de agresividad y en una mayor capacidad de resolución de conflictos<sup>22</sup>.

Los niveles transgeneracionales de oxitocina –incremento de esta hormona en el niño– se asocia a la sincronía. Así, un significativo incremento de oxitocina se ve en el comportamiento sincrónico y, lo inverso, cuando éste es bajo o ausente. La administración de oxitocina exógena a padres aumentó las actitudes de interacción recíproca con sus hijos, asociado a un incremento en la producción endógena<sup>36,37</sup>.

### BASES NEUROLÓGICAS

En especies biparentales habría cambios neurobiológicos en la transición a la paternidad y, es posible, que los efectos de la exposición a las señales del recién nacido sean específicos para cada sexo<sup>32,38</sup>.

Los circuitos neuronales propios del cuidado parental implican estructuras subcorticales que incluyen el hipotálamo, sistema límbico, amígdala, y vía mesolímbica dopaminérgica del núcleo estriado<sup>39</sup>. Este sistema de cognición social y modulación emocional subyace a la capacidad de los padres para leer las señales no verbales de sus hijos y proporcionar una crianza sincronizada<sup>32</sup>. Estos sistemas neuronales se activan en madres y

padres, pero hay diferencias en estructura y grado de activación en las distintas regiones del cerebro<sup>40</sup>.

Resonancias magnéticas cerebrales realizadas en ambos progenitores, al momento de ver videos de niños propios y ajenos, mostraron en madres una mayor activación límbica en relación con los niveles de oxitocina, particularmente en la amígdala. Diferente fue lo observado en padres, en quienes, las áreas socio-cognitivas reaccionaron a esta hormona y, la ínsula, en la respuesta a AVP<sup>1,32</sup>. Estas diferencias podrían relacionarse con el rol filogenéticamente antiguo de la maternidad y un efecto cultural más facultativo en la paternidad. Sin embargo, la asociación AVP-cerebro puede promover una elevada vigilancia dependiente de este neurotransmisor e incrementar la capacidad del padre para la defensa y respuesta a las necesidades de la cría. No obstante, también se observó en madres actitudes corticales como límbicas en padres<sup>32</sup>. Igualmente, en modelo animal, se registró una especial sensibilidad de estas áreas a la oxitocina y vasopresina<sup>24</sup>.

Complementariamente, hay datos que objetivan una variación en el volumen cortical en madres y padres primíparos durante el postparto temprano hasta, al menos, los cuatro meses<sup>32</sup>. En ambos se observó, también, incrementos en la amígdala, hipotálamo y corteza prefrontal lateral, aunque, exclusivamente en padres, disminución en la ínsula y corteza orbitofrontal (OFC, por sus siglas en inglés)<sup>40</sup>. El decremento en esta zona de la corteza se asoció con un comportamiento paterno exacerbado, sugiriendo una relación entre el cuidado y la plasticidad estructural del cerebro<sup>15</sup>.

Alguna evidencia sugiere que las diferencias de activación cerebral en madres y padres no son necesariamente específicas del sexo, ya que los patrones paternos de activación neuronal, diferentes a los maternos, estaría más relacionado con el rol como cuidador que con el género<sup>41</sup>. Sin embargo, al comparar cuidadores secundarios con padres, tanto biológicos como adoptivos, se observó en éstos últimos una activación más alta en la amígdala, surco temporal superior y una mayor conectividad entre estas dos áreas<sup>42</sup>. En modelos de crianza homoparental, en que ambos padres ejercen el rol de cuidadores primarios, el patrón de regiones cerebrales activadas es similar al de madres heterosexuales realizando una función equivalente. Por lo tanto, como ocurre en muchas asociaciones neuroendocrinas-comportamiento, la relación entre el rol social paterno y el cerebro son, hasta cierto punto, recíprocos y plásticos. Esta flexibilidad, tanto en la conducta del padre como en el sustrato neural subyacente, cumple una importante función evolutiva<sup>15</sup>.

Estos cambios en el cerebro paterno, en el postparto, pueden influir de manera muy significativa y beneficiosa, en el largo plazo, en sus hijos. Así, la integridad del sistema límbico, una de las más importantes, ya que permite la expresión de emociones positivas y el uso de estrategias simples autoregulatoras<sup>43</sup>. De esta manera, el fortalecimiento de las distintas vías a nivel cerebral se correlaciona con distintas habilidades sociales. Con estos

hallazgos se ha demostrado la transmisión no genómica transgeneracional de habilidades sociales humanas de padres a hijos y, sugiere, que procesos neuronales involucrados en estimulación, mentalización e introspección en el cerebro paterno son capaces de modular el cerebro infantil, principalmente en el desarrollo de habilidades de interacción<sup>1</sup>.

## CONCLUSIÓN

Ante lo expuesto respecto del componente neurológico y hormonal, el homo sapiens sería una de aquellas escasas especies del mundo mamífero, en que la coparentalidad tendría condicionantes biológicos heredados de la filogenia y, que habrían contribuido a su sobrevivencia en condiciones adversas.

Tomando en cuenta los desafíos de la sociedad actual, en que ha cobrado relevancia el concepto de corresponsabilidad parental

apuntando hacia la participación activa, equitativa y permanente de ambos padres en la crianza y educación de sus hijos, los hallazgos neurológicos y neuroendocrinos descritos en este trabajo, aportan un elemento adicional para la creación y promoción de políticas públicas que promuevan y faciliten la participación paterna en el desarrollo del niño, desde el momento del nacimiento. Así, por ejemplo, ciertas acciones como la activa presencia del padre en el parto, activaría conductas heredadas - propias de nuestra especie que propenderían a una mayor cercanía e interés en procesos de cuidados y crianza tempranos<sup>43</sup>.

Si bien ha aumentado el interés y estudios para mayor comprensión de este tópico, aún quedan muchas interrogantes por dilucidar. Por las características de este artículo, que no pretende ser una revisión exhaustiva ni profunda, sino plantear un tema que en el contexto de los tiempos actuales podría aportar al debate. Hay mucho espacio para investigaciones futuras y, así, ampliar el conocimiento de esta compleja e interesante materia.

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abraham E, Feldman R. The neurobiology of human allomaternal care; implications for fathering, coparenting, and children's social development. *Physiol Behav.* 2018;193(Pt A):25-34. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.12.034.
2. Wolf L, Ketterson ED, Nolan V. Paternal influence of growth and survival of dark-eyed junco young: do parental males benefit? *Anim Behav* 1988;36:1601-1618.
3. Plummer T, Bishop L. Oldowan hominin behavior and ecology at Kanjera South, Kenya. *J Anthropol Sci.* 2016;94:29-40. doi: 10.4436/JASS.94033.
4. Stringer C. The origin and evolution of Homo sapiens. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016;371(1698):20150237. doi: 10.1098/rstb.2015.0237.
5. Huseynov A, Zollikofer CP, Coudyzer W, Gascho D, Kellenberger C, Hinzpeter R, et al. Developmental evidence for obstetric adaptation of the human female pelvis. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2016;113(19):5227-32. doi: 10.1073/pnas.1517085113.
6. Zollikofer CP. Evolution of hominin cranial ontogeny. *Prog Brain Res.* 2012;195:273-92. doi: 10.1016/B978-0-444-53860-4.00013-1.
7. Geary DC, Flinn MV. Evolution of human parental behavior and the human family. *Parenting: Science and Practice* 2001;1(1-2):5-61. doi:10.1207/S15327922PARO1162\_2.
8. Gangestad, SW. Human adaptations for mating: Frameworks for understanding patterns of family formation and fertility. In: Booth A, McHale SM, Landle NS (Eds.), *Biosocial Foundations of Family Processes: Chapter 9.* 2011. Springer, NY.
9. Kleiman DG, Malcolm JR. The evolution of male parental investment in mammals. *Parental Care in Mammals*, Springer, US. 1981, pp. 347-387.
10. DeAngelis R, Dodd L, Snyder A, Rhodes JS. Dynamic regulation of brain aromatase and isotocin receptor gene expression depends on parenting status. *Horm Behav.* 2018;103:62-70. doi: 10.1016/j.yhbeh.2018.06.006.
11. Valera-Marín G, Young LJ, Camacho F, Paredes RG, Rodríguez VM, Díaz NF, et al. Raised without a father: monoparental care effects over development, sexual behavior, sexual reward, and pair bonding in prairie voles. *Behav Brain Res.* 2021;408:113264. doi: 10.1016/j.bbr.2021.113264.
12. Rosenbaum S, Vigilant L, Kuzawa CW, Stoinski TS. Caring for infants is associated with increased reproductive success for male mountain gorillas. *Sci Rep.* 2018;8(1):15223. doi: 10.1038/s41598-018-33380-4.
13. Robbins AM, Gray M, Basabose A, Uwingeli P, Mburanumwe I, Kagoda E, Robbins MM. Impact of male infanticide on the social structure of mountain gorillas. *PLoS One.* 2013;8(11):e78256. doi: 10.1371/journal.pone.0078256.
14. Kuo PX, Braungart-Rieker JM, Burke Lefever JE, Sarma MS, O'Neill M, Gettler LT. Fathers' cortisol and testosterone in the days around infants' births predict later paternal involvement. *Horm Behav.* 2018;106:28-34. doi: 10.1016/j.yhbeh.2018.08.011.
15. Storey AE, Alloway H, Walsh CJ. Dads: Progress in understanding the neuroendocrine basis of human fathering behavior. *Horm Behav.* 2020;119:104660. doi: 10.1016/j.yhbeh.2019.104660.
16. Gordon I, Pratt M, Bergunde K, Zagoory-Sharon O, Feldman R. Testosterone, oxytocin, and the development of human parental care. *Horm Behav.* 2017;93:184-192. doi: 10.1016/j.yhbeh.2017.05.016.
17. Gordon I, Zagoory-Sharon O, Leckman JF, Feldman R. Oxytocin and the development of parenting in humans. *Biol Psychiatry.* 2010;68(4):377-82. doi: 10.1016/j.biopsych.2010.02.005.
18. Mascaro JS, Hackett PD, Rilling JK. Differential neural responses to child and sexual stimuli in human fathers and non-fathers and their hormonal correlates. *Psychoneuroendocrinology.* 2014;46:153-63. doi: 10.1016/j.psyneuen.2014.04.014.

19. Korner AF, Thoman EB. The relative efficacy of contact and vestibular-proprioceptive stimulation in soothing neonates. *Child Dev.* 1972;43(2):443-53.
20. Olsson H, Wessberg J, Morrison I, McGlone F, Vallbo A. The neurophysiology of unmyelinated tactile afferents. *Neurosci Biobehav Rev.* 2010;34(2):185-91. doi: 10.1016/j.neubiorev.2008.09.011.
21. Naber FB, Poslawsky IE, van Ijzendoorn MH, van Engeland H, Bakermans-Kranenburg MJ. Brief report: oxytocin enhances paternal sensitivity to a child with autism: a double-blind within-subject experiment with intranasally administered oxytocin. *J Autism Dev Disord.* 2013;43(1):224-9. doi: 10.1007/s10803-012-1536-6.
22. Weisman O, Zagoory-Sharon O, Feldman R. Oxytocin administration, salivary testosterone, and father-infant social behavior. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry.* 2014;49:47-52. doi: 10.1016/j.pnpb.2013.11.006.
23. Grebe NM, Sarafin RE, Strenth CR, Zilioli S. Pair-bonding, fatherhood, and the role of testosterone: A meta-analytic review. *Neurosci Biobehav Rev.* 2019;98:221-233. doi: 10.1016/j.neubiorev.2019.01.010.
24. Bakermans-Kranenburg MJ, Lotz A, Alyousefi-van Dijk K, van Ijzendoorn M. Birth of a Father: Fathering in the First 1,000 Days. *Child Dev Perspect.* 2019 Dec;13(4):247-253. doi: 10.1111/cdep.12347.
25. Sarma MS, Kuo PX, Bechayda SA, Kuzawa CW, Gettler LT. Exploring the links between early life and young adulthood social experiences and men's later life psychobiology as fathers. *Physiol Behav.* 2018;193(Pt A):82-89. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.11.029.
26. Storey AE, Ziegler TE. Primate paternal care: Interactions between biology and social experience. *Horm Behav.* 2016;77:260-71. doi: 10.1016/j.yhbeh.2015.07.024.
27. Brooks PL, Vella ET, Wynne-Edwards KE. Dopamine agonist treatment before and after the birth reduces prolactin concentration but does not impair paternal responsiveness in Djungarian hamsters, *Phodopus campbelli*. *Horm Behav.* 2005;47(3):358-66. doi: 10.1016/j.yhbeh.2004.10.003.
28. Almond RE, Brown GR, Keverne EB. Suppression of prolactin does not reduce infant care by parentally experienced male common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Horm Behav.* 2006;49(5):673-80. doi: 10.1016/j.yhbeh.2005.12.009.
29. Gordon I, Zagoory-Sharon O, Leckman JF, Feldman R. Prolactin, Oxytocin, and the development of paternal behavior across the first six months of fatherhood. *Horm Behav.* 2010;58(3):513-8. doi: 10.1016/j.yhbeh.2010.04.007.
30. Gray PB, Parkin JC, Samms-Vaughan ME. Hormonal correlates of human paternal interactions: a hospital-based investigation in urban Jamaica. *Horm Behav.* 2007;52(4):499-507. doi: 10.1016/j.yhbeh.2007.07.005.
31. Atzil S, Hendler T, Zagoory-Sharon O, Winetraub Y, Feldman R. Synchrony and specificity in the maternal and the paternal brain: relations to oxytocin and vasopressin. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* 2012;51(8):798-811. doi: 10.1016/j.jaac.2012.06.008.
32. Apter-Levi Y, Zagoory-Sharon O, Feldman R. Oxytocin and vasopressin support distinct configurations of social synchrony. *Brain Res.* 2014;1580:124-32. doi: 10.1016/j.brainres.2013.10.052.
33. Gettler LT, Kuo PX, Bechayda SA. Fatherhood and psychobiology in the Philippines: Perspectives on joint profiles and longitudinal changes of fathers' estradiol and testosterone. *Am J Hum Biol.* 2018;30(6):e23150. doi: 10.1002/ajhb.23150.
34. Bos PA, Hechler C, Beijers R, Shinohara K, Esposito G, de Weerth C. Prenatal and postnatal cortisol and testosterone are related to parental caregiving quality in fathers, but not in mothers. *Psychoneuroendocrinology.* 2018;97:94-103. doi: 10.1016/j.psyneuen.2018.07.013.
35. Feldman R, Bamberger E, Kanat-Maymon Y. Parent-specific reciprocity from infancy to adolescence shapes children's social competence and dialogical skills. *Attach Hum Dev.* 2013;15(4):407-23. doi: 10.1080/14616734.2013.782650.
36. Feldman R, Gordon I, Zagoory-Sharon O. The cross-generation transmission of oxytocin in humans. *Horm Behav.* 2010;58(4):669-76. doi: 10.1016/j.yhbeh.2010.06.005.
37. Barrett J, Fleming AS. Annual Research Review: All mothers are not created equal: neural and psychobiological perspectives on mothering and the importance of individual differences. *J Child Psychol Psychiatry.* 2011;52(4):368-97. doi: 10.1111/j.1469-7610.2010.02306.x.
38. Feldman R, Braun K, Champagne FA. The neural mechanisms and consequences of paternal caregiving. *Nat Rev Neurosci.* 2019;20(4):205-224. doi: 10.1038/s41583-019-0124-6.
39. Kim P, Rigo P, Mayes LC, Feldman R, Leckman JF, Swain JE. Neural plasticity in fathers of human infants. *Soc Neurosci.* 2014;9(5):522-35. doi: 10.1080/17470919.2014.933713.
40. Abraham E, Hendler T, Shapira-Lichter I, Kanat-Maymon Y, Zagoory-Sharon O, Feldman R. Father's brain is sensitive to childcare experiences. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2014;111(27):9792-7. doi: 10.1073/pnas.1402569111.
41. Bickart KC, Hollenbeck MC, Barrett LF, Dickerson BC. Intrinsic amygdala-cortical functional connectivity predicts social network size in humans. *J Neurosci.* 2012;32(42):14729-41. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1599-12.2012.
42. Feldman R. The adaptive human parental brain: implications for children's social development. *Trends Neurosci.* 2015;38(6):387-99. doi: 10.1016/j.tins.2015.04.004.
43. Villalón H, Toro R, Riesco I, Pinto M, Silva C. Participación paterna en la experiencia del parto. *Rev Chil Pediatr.* 2014; 85 (5): 554-560. doi: 10.4067/S0370-41062014000500005