

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
UNIDAD XOCHIMILCO  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD**  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL  
**LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL LEGAL

Neurobiología de la conducta materna en mamíferos no humanos: Respuestas fisiológicas, neuroquímicas, endocrinas y conductuales

Prestador del servicio social:  
**Laura Cecilia Aguirre Rodríguez**  
Matricula:2152025773



**Comité asesor:**  
**Asesor interno:** Dr. Daniel Mota Rojas (UAM-X)  
No. Económico: 26806



**Asesora externa:**  
Dra. Silvia Adriana Olmos Hernández  
(Bioterio y Cirugia Experimental – INR LGII)

LUGAR DE REALIZACIÓN: Modalidad Revisión Bibliográfica.

Biblioteca digital de la UAM y Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana.

(100% en línea-Proyecto emergente UAM)

Tiempo de dedicación: 480 horas.

**Fecha de inicio y término:**

01 marzo, 2021 – 01 septiembre 2021

## Índice

Resumen .....	3
Introducción .....	4
Marco teórico .....	8
1. Factores externos medio ambientales.....	8
1.1 Factores externos participación del hombre.....	8
1.2 Factores externos participación del macho en la impronta materna.....	9
2. Neuromodulación hormonal de la conducta materna .....	9
3. Mecanismos neurofisiológicos de la impronta .....	10
Objetivo general .....	11
Objetivos específicos .....	11
Metodología utilizada .....	11
Actividades realizadas .....	13
Objetivos y metas alcanzados .....	14
Resultados, discusión y conclusiones .....	22
Recomendaciones .....	28
Literatura citada .....	30

## Resumen

La presente revisión bibliográfica tiene como objetivo describir, analizar y diferenciar los factores que influyen sobre la conducta materna de diversas especies de mamíferos no humanos, tales como bovinos, búfalos, porcinos, otros ungulados, roedores, caninos y felinos. El impacto beneficioso de la protección materna a través de comportamientos sociales dirigidos a los recién nacidos ha sido ampliamente informado en animales, especialmente en mamíferos. Las vías neurales activadas para establecer una preferencia madre-cría son importantes para evitar cuidados mal dirigidos, reducir los gastos de energía y mejorar el éxito reproductivo. El grado de interacción también puede afectar el comportamiento social de la camada, en particular el comportamiento materno, al llegar a la edad adulta, y el efecto que el comportamiento materno puede tener sobre la respuesta al estrés de los recién nacidos. El comportamiento materno y el interés del recién nacido por su madre disminuyen cuando las crías son lo suficientemente maduras para explorar y alimentarse fuera del nido. La relación entre la madre y la descendencia es sumamente importante para promover el bienestar de ambos. La impronta materna es considerada el primer vínculo afectivo entre la madre y su descendencia, implica una serie de mecanismos sensoriales, hormonales, neuronales, fisiológicos y de comportamientos altamente complejos. Es por ello que se analizaron de manera detallada diversos factores internos, que repercuten directamente sobre la madre, la concentración hormonal durante este periodo, la construcción del nido, comportamientos de agresión que realiza la madre como mecanismo de defensa hacia las crías. Así como los factores externos que se ven involucrados, como el medioambiente, hacinamiento, y la repercusión en la interacción humano-animal, así como la interacción de la pareja. Dichos factores mencionados, modifican la conducta materna y pueden desencadenar mecanismos erróneos en el aprendizaje y desarrollo de las crías, repercutiendo significativamente en la supervivencia o bien, sobre su vida adulta, generando problemas sociales, conductuales e incluso reproductivos. Las afecciones son producidas a nivel cerebral, en áreas específicas, entre ellas, el área prefrontal

cingulada, córtex, y otras (de acuerdo con la especie). Por consiguiente, se produce el bloqueo de vías dopaminérgicas, que a su vez inhiben la liberación hormonal (oxitocina, estradiol, prolactina), repercutiendo en la actividad mental y en la plasticidad neuronal. La literatura consultada y citada fue a través de artículos científicos, tesis a nivel licenciatura, maestría y doctorado, memorias de congresos, bases de datos de libre acceso y especializadas en ciencias e la salud que se encuentran en línea como PubMed, artículos de difusión y diversos libros. La información consultada comprende del año 2002 al 2023.

**Palabras clave:** *Impronta; supervivencia; comportamiento; aprendizaje; desarrollo.*

## **Introducción**

El cuidado parental de los mamíferos lo proporciona esencialmente la madre y ocupa la mayor parte del período reproductivo de la hembra. La sincronización del comportamiento materno con el parto y la lactancia asegura que la madre responda a las necesidades de las crías en el momento adecuado (Lévy, 2016; Mota-Rojas *et al.*, 2022a,b; Bienboire-Frosini *et al.*, 2023). La impronta en mamíferos es un proceso mediante el cual la madre crea el primer vínculo afectivo, conductual y social hacia las crías, este es importante debido a que asegura la supervivencia de estas (Mota-Rojas *et al.*, 2022a), puesto que en esta etapa los recién nacidos dependen completamente de la madre (Ramírez, 2011), quienes tienen la capacidad para proporcionar alimento, calor, refugio y protección contra depredadores y congéneres (Lévy, 2016). Sin embargo, en mamíferos biparentales la participación del macho es de suma importancia, se ha visto que este contribuye en diversas tareas como la asistencia en el momento del parto, recuperación de las crías, termorregulación, protección, acicalamiento, sociabilización y desarrollo cognitivo (Romero *et al.*, 2018; Bienboire-Frosini *et al.*, 2023), estas conductas al igual que las maternas promueven el crecimiento y desarrollo de las crías (Martínez, 2009). Estas pautas conductuales inician con la sincronización temporal de cambios fisiológicos y hormonales antes y durante el parto y la lactancia, sin embargo, todo ello depende del grado de madurez y desarrollo motor, sensorial y de

termorregulación de cada especie (Santos, 2019; Mota-Rojas *et al.*, 2022a; Bienboire-Frosini *et al.*, 2023).

De acuerdo con algunas características que presentan cada una de las especies, tradicionalmente se pueden clasificar en dos categorías: “especies precociales” y “especies altriciales” (Brun, 2011). Se refiere al grado de madurez conductual y morfológica de la cría al momento del nacimiento. Las especies precociales como por ejemplo la mayoría de los ungulados, poseen mayor autonomía, debido a que son especies denominadas “presa”, por lo que deben de estar listas para poder huir en el menor tiempo posible, de probables depredadores, tienen la capacidad de ver, oír y de seguir a su madre a pocas horas después del nacimiento (Navarrete, 2004). Por otro lado, las especies altriciales (la mayoría de los roedores, cánidos, félidos) dependen completamente de la madre, debido a que nacen con los ojos cerrados y sus habilidades motoras y sensoriales no están bien desarrolladas, si no que estas las van adquiriendo conforme su crecimiento durante la lactancia (Mota-Rojas *et al.*, 2022a,b; Bienboire-Frosini *et al.*, 2023).

El vínculo entre la madre y la cría es regulado mediante los sentidos, en algunos casos ocurre a los pocos minutos del nacimiento, y en otros, transcurren en un par de horas (Mota-Rojas *et al.*, 2022a), este dependerá del periodo de sensibilidad y de la vulnerabilidad que este posea (Navarrete, 2004). En el caso de los ungulados la participación del olfato sirve para el reconocimiento de la madre y la cría, y ocurre de 2 a 4 horas post nacimiento, en este periodo se desarrollan vocalizaciones altas y bajas por parte de la madre hacia la cría, ocurre el lamido excesivo en zonas como la cabeza, tórax y miembros anteriores y posteriores, que estimula a la cría para incorporarse y amamantarse con rapidez (Ramírez, 2011). En el caso de los roedores la participación del tacto y el gusto intervienen, aumentando el acicalamiento de las crías, esto produce la expedición de feromonas que permiten su reconocimiento (Hernández, 2012). Por otro lado, las cerdas tienden a identificar a las crías mediante la vocalización emitiendo diversos gruñidos, la posición que adoptan durante el amamantamiento, facilita esta interacción (Martínez, 2009), las yeguas reconocen a la cría mediante el olfato, el acicalamiento, la visualización y la

práctica de la placentofagia (Mota-Rojas *et al.*, 2020). En el caso de las perras y gatas, el reconocimiento está dado por la realización del acicalamiento, el lamido anogenital y por medio del olor emitido por cada una de las crías (Lezama *et al.*, 2019). Diversos estudios realizados en mamíferos recién nacidos han demostrado que la expresión del comportamiento materno influye directamente con la supervivencia neonatal (Mota-Rojas *et al.*, 2022a,b; Bienboire-Frosini *et al.*, 2023). Por lo que en este periodo de sensibilización es de suma importancia, ya que si este culmina y la madre no reconoce a la cría, y se presenta el rechazo por falta de dicho reconocimiento, disminuye la supervivencia de los neonatos y/o se pueden generar alteraciones en la vida adulta de las crías (Mota-Rojas *et al.*, 2022a,b).

Para que se lleve a cabo la correcta expresión materna es necesaria la modulación de hormonas como oxitocina, prolactina, estradiol, testosterona y cortisol, así como la participación de algunos neurotransmisores como la dopamina y el ácido gamma-aminobutírico (Gill *et al.*, 2011), aunado a algunos factores sensoriales que actúan en zonas específicas del cerebro materno tales como la amígdala, hipocampo, tálamo y núcleo accumbens (Hernández, 2012).

En los mamíferos, la formación del vínculo madre-cría es esencial para la supervivencia del recién nacido e implica un conjunto de mecanismos neurológicos, conductuales y cognitivos. El reconocimiento mutuo entre la madre y el recién nacido es fundamental para establecer y mantener el vínculo y garantizar el cuidado materno durante el desarrollo joven (Bolhuis, 2009; Mota-Rojas *et al.*, 2021). El proceso de reconocimiento mutuo entre la madre y el recién nacido involucra señales sensoriales multimodales en el cerebro de ambos individuos y ocurre durante un período sensitivo (Broad *et al.*, 2006). Este período es importante para que la madre reconozca e identifique a su recién nacido, evitando cuidados mal dirigidos, reduciendo los gastos de energía y mejorando su éxito reproductivo. La impronta es un proceso, mayormente estudiado en aves, mediante el cual los recién nacidos establecen una preferencia social por su madre, otro individuo o incluso un objeto (Ohki-Hamazaki, 2012).

Ahora bien, existen factores externos involucrados directa e indirectamente sobre la conducta materna, contar con las condiciones adecuadas (luz, humedad, zona geográfica, temperatura, etc.) específicas de cada especie dentro de las instalaciones contribuye a la mejora de este lazo e incrementa el bienestar animal (Senasa, 2015), por lo que el lugar en donde la madre resida al momento del parto puede repercutir en el desarrollo social, reproductivo y aprendizaje de las crías (Arias *et al.*, 2008). La participación del hombre durante este periodo de sensibilización puede generar alteraciones significativas tanto en las madres como en las crías (Madigan *et al.*, 2006), aunado a esto las pautas de manejo de cada especie deben realizarse de manera apropiada, debido a que puede generarse estrés durante este periodo, por otra parte, el diseño del corral o jaula paridero es fundamental para disminuir la mortalidad neonatal (Rivera, 2019). Por lo tanto, el objetivo de la presente revisión es conocer y discutir los hallazgos científicos recientes relacionados con la neuromodulación de la conducta materna y las respuestas fisiológicas, endocrinológicas y conductuales.

## **Marco teórico**

### **1.- Factores externos medio ambientales implicados en la impronta materna**

La presencia de factores externos como la lluvia, emisiones de rayos ultravioleta (UV), el viento e incluso la firmeza de la tierra, pueden repercutir de manera negativa durante la impronta, debido a que pueden aumentar el intervalo desde la incorporación de las crías, hasta la conexión con la teta de la madre, por lo que disminuye la supervivencia de las crías (Mota-Rojas *et al.*, 2020; Mota-Rojas *et al.*, 2022a).

Por otro lado, la crianza de animales expuestos a altas temperaturas (calor extremo) puede verse afectada, disminuyendo la tasa de productividad afectando su bienestar. Debido a que se produce dificultad al disipar el calor, se ven afectadas funciones conductuales y fisiológicas, incluso se ha visto un retraso en la actividad ovárica de las hembras (Orihuela y Gallina, 2021). Al intentar mantener la homeostasis térmica los animales sufren estrés, sus requerimientos nutricionales se ven afectados, requieren mayor consumo de agua y la energía disminuye. En casos extremos se presentan altos registros de morbilidad y mortalidad (Arias *et al.*, 2008).

#### **1.2.- Factores externos: participación del hombre durante la impronta materna.**

El miedo generado hacia los animales debido a eventos negativos o contacto poco frecuente con los humanos, desencadenan que estos presenten conductas de agresión hacia los manejadores e incluso hacia sus crías, también ocasiona inmunosupresión, lo que se ve reflejado en una reducción en la producción, el crecimiento se ve afectado teniendo animales con bajos pesos y ocurre menor aprovechamiento de los nutrientes, que genera un bienestar animal deficiente (Waiblinger *et al.*, 2006; Komai y Guhl, 1960; Gross y Siegel, 1982; Shabalina, 1984).

#### **1.2.- Factores externos: participación del macho y su repercusión en la impronta materna.**



Entre el 5-10% de especies de mamíferos biparentales se lleva a cabo la participación del macho en los cuidados de las crías (Romero *et al.*, 2018). Este asiste a la madre durante el parto, defiende su nido de depredadores, en algunos casos estos abastecen de alimentos, les brinda protección a las crías permitiendo la termorregulación, debido a que son especies altriciales, las acicala, acarrea para que se lleve a cabo la recuperación de crías, interactúa con las crías por medio de juegos permitiendo el desarrollo cognitivo sobre sus descendientes (Luis, 2007; Dewsbarry, 1985). Este comportamiento a su vez aumenta las posibilidades de que las crías puedan sobrevivir, además facilitarán el desarrollo cognitivo y de comportamiento en su etapa adulta (Ibáñez *et al.*, 2017).

## **2.- Neuromodulación hormonal de la conducta materna**

Para que se lleve a cabo una adecuada expresión materna, se requiere un conjunto multifactorial, endocrino, fisiológico y de diversas normas de comportamiento, (González, 2012) para que esta expresión se desencadene se requiere que la cría pase por el canal de parto estimulando la zona cervicovaginal de la madre, y su regulación ocurre en áreas del cerebro materno muy específicas (Napolitano *et al.*, 2019), tales como el área preóptica medial, hipotálamo, núcleo ventral del lecho de la estría terminal, amígdala (Díaz, 2017).

Las hormonas asociadas con el final de la gestación y el período de parto que actúan sobre los receptores cerebrales explican la rápida activación de la capacidad de respuesta materna que se observa en el parto. Las principales hormonas implicadas en la conducta materna son las siguientes. Por un lado, se encuentra a la prolactina (P4), la cual es sintetizada a través del hipotálamo lateral y la adenohipófisis; y por el otro lado tenemos a la oxitocina una neurohormona que es originada en el hipotálamo y en las terminaciones nerviosas, la activación de todas estas hormonas depende directamente de la secreción de la oxitocina para estimular a las distintas vías, (Bustos, 2008) del mismo modo actúan otras hormonas como el estradiol y la testosterona (Hernández *et al.*, 2012). En el caso de las ovejas, el estradiol aumenta en las primeras 24 horas preparto (Gill *et al.*, 2011). En ratas y conejos, los niveles

plasmáticos de P4 son altos durante la gestación y caen abruptamente después del día 20, mientras que los niveles de Estrógenos son bajos durante la gestación y aumentan desde el día 15 hasta el día del parto (Negatu y McNitt, 2002).

### **3.- Mecanismos neurofisiológicos de la impronta materna**

Durante el periodo de la impronta, ocurre el aprendizaje temprano en las crías, esto se desencadena mediante diversos canales sensoriales y neuronales, asegurando el reconocimiento materno. La participación de los sentidos como la vista, el olfato, el oído y el tacto permiten reforzar la interacción entre la madre y sus crías; sin embargo, esto depende de cada especie, debido a que algunas cuentan con particularidades que las diferencian (Mota-Rojas *et al.*, 2022a), sin embargo, si ocurre alguna alteración en esta etapa puede fracturarse este vínculo o incluso desarrollarse manera errónea lo que genera que se produzca rechazo por parte de la madre a la cría o viceversa (Napolitano *et al.*, 2018).

Estructuras como el área preóptica medial y lateral del hipotálamo son fundamentales para que se lleve a cabo la impronta, debido a que se ha visto que si estas son atrofiadas causan afecciones como la interrupción del acarreo de las crías, la acción de elaborar el nido e incluso se ve afectada la actividad de amamantamiento (Alba, 2002). Si se ven afectadas zonas como el hipocampo dorsal, la amígdala medial y el área hipotalámica impide que se manifiesten las conductas maternas, el área peri peduncular cuando se ve comprometida genera agresión maternal y bloquea la eyección de la leche (Ugarte *et al.*, 2013). El núcleo accumbens actúa en la vía dopaminérgica mesocorticolímbica quien está involucrada en el aprendizaje y a su vez en la plasticidad neuronal y en el refuerzo positivo, que se relaciona con el vínculo de la madre hacia sus crías (Bustos, 2008).

Durante la interacción madre-cría, se desarrollan redes de comunicación inducidas por neurotransmisores esenciales. Estas redes favorecen el proceso de aprendizaje del recién nacido (Orihuela et al., 2021). Los neuropéptidos involucrados muestran activación del hipotálamo, que secreta hormonas y neurotransmisores. Varios neuromoduladores están involucrados en el reconocimiento mutuo, incluyendo oxitocina, GABA, ácido glutámico (GLU), monoaminas como dopamina (DA) y serotonina (5-HT), así como N-metil-D-aspartato (NMDA), prolactina (PRL) y BDNF. Por ejemplo, las ratas recién nacidas deben aprender el olor de su madre, orientarse hacia ella, seleccionar un pezón y acurrucarse para favorecer su desarrollo. No obstante, este sistema mejora tanto el aprendizaje como el apego mientras las crías están confinadas en el nido. En este proceso de unión intervienen tres estructuras importantes: el bulbo olfatorio, el locus coeruleus noradrenérgico y la amígdala (Mota-Rojas et al., 2022b; Bienboire-Frosini et al., 2023).

La oxitocina es una hormona sintetizada principalmente en las neuronas magnocelulares del PVN y los núcleos supraópticos (SON) del hipotálamo. Su conexión con la hipófisis posterior, donde se almacena en forma de vesículas secretoras, provoca su liberación al torrente sanguíneo. Además, la liberación dendrítica de oxitocina en el espacio extracelular a través del cerebro tiene efectos locales sobre tejidos y funciones biológicas específicas. Además, las neuronas parvocelulares más pequeñas en el PVN también producen oxitocina y tienen conexiones con otras estructuras cerebrales, incluido el sistema límbico (en particular, la amígdala y el hipocampo) y el núcleo accumbens. Por lo tanto, la oxitocina también puede actuar como neurotransmisor/neuromodulador. También existe una acción de autorregulación positiva de la propia oxitocina. Además, está influenciado por esteroides gonadales que favorecen su síntesis y modulación. La oxitocina se une al receptor de oxitocina presente en varias regiones cerebrales, lo que sugiere que el receptor de oxitocina en el sistema nervioso central tiene una amplia variedad de efectos (Mota-Rojas et al., 2022b; Bienboire-Frosini et al., 2023).

Este neurotransmisor está implicado en el vínculo madre-cría, en particular a través de la mediación de la preferencia de la madre, como se muestra en corderos lactantes tratados con receptores OT antagonistas sintéticos, lo que condujo a una disminución de la exploración del cuerpo de la madre y perjudicó la expresión de la preferencia de la madre. Además, estos autores también demostraron que el estrecho contacto social de las crías con su madre durante los períodos de lactancia (probablemente a través de estímulos somatosensoriales de la esfera orogástrica) desencadenó la liberación de OT en el plasma y el líquido cefalorraquídeo del cordero, como también se describió previamente en el plasma de los terneros (Mota-Rojas *et al.*, 2023).

## **Objetivo**

Evaluar y discutir los hallazgos científicos recientes relacionados con la neuromodulación de la conducta materna en mamíferos no humanos: Respuestas fisiológicas, endocrinológicas y conductuales.

## **Objetivos específicos**

- 1.- Evaluar y discutir los factores ambientales que influyen y/o modifican la conducta materna
- 2.-Describir y discutir los hallazgos recientes sobre la neuromodulación hormonal de la conducta materna en mamíferos no humanos
- 3.- Analizar los mecanismos neurofisiológicos de la improntación en mamíferos no humanos.

## **Metodología utilizada**

Se realizó el análisis con base en libros, revistas científicas, tesis de nivel licenciatura, maestría y doctorado, memorias de congresos, manuales técnicos, portales de noticias.

Además, se revisaron bases de datos como SCOPUS, Web of Science, Latindex, Google scholar, PubMed y CABI. En donde se identifican las características de la impronta materna y se definen las variables neurofisiológicas, hormonales y conductuales relacionadas con este vínculo filial.

### **Actividades realizadas**

1. Se realizó la búsqueda y análisis de información.
2. Se realizó la descripción e interpretación de los factores ambientales que están involucrados.
3. Se describieron e interpretaron los hallazgos recientes sobre la neuromodulación hormonal.
4. Se realizó el análisis de los mecanismos neurofisiológicos de la improntación.

### **Objetivos y metas alcanzados**

- 1.- Se logró demostrar que los factores medioambientales generan modificaciones significativas en la progenitora, afectando la vinculación entre la madre- cría.
- 2.- Se realizó un análisis y actualización sobre el desempeño y función neurofisiológica materna.
- 3.- Se analizaron y comprendieron los diversos mecanismos neurofisiológicos en la impronta materna y paterna.

## Resultados

### Efectos medio ambientales

En el caso de las búfalas de agua si al momento del parto son expuestas a poca ventilación, exposición a rayos solares durante un periodo prolongado, además si no cuentan con área de sombra, bebederos insuficientes, no poseen aspersores, carencia de lodo para termo regularse, aumenta la temperatura medioambiental, ocasionando estrés calórico sobre las madres (Napolitano *et al.*, 2018).

En cerdas la interacción de factores como la temperatura, viento, humedad y horas luz a las que están propensas, pueden desencadenar alteraciones, debido a que esta es una especie altamente susceptible a estas variaciones, durante el parto la temperatura de la madre aumenta de manera natural; por el contrario, los lechones al momento del parto nacen con escasas de grasa parda (tejido adiposo) , por lo tanto, en los primeros días de nacidos pueden presentar hipotermia (considerada una de las principales causas de muerte neonatal ( Mota- Rojas *et al.*, 2022b; Mota- Rojas *et al.*, 2023), de manera natural la madre transfiere el calor a las crías, pero si esto no es suficiente, debe colocarse una fuente externa que brinde calor (un ejemplo de ello son las lámparas infrarrojas) (FAO, 2010). Por otra parte, la intensidad de la luz para los roedores puede generar alteraciones en el comportamiento, incluso si se exponen a una mayor luminosidad, puede presentarse canibalismo y/o conductas de agresividad sobre las crías, incluso el hecho de tener numerosas camadas genera estrés materno, provocando afectaciones fisiológicas y psicológicas (Vargas *et al.*, 2018).

En bovinos, la densidad de la población es importante, debido a que el espacio inadecuado impide que se lleve a cabo la etapa de aislamiento y posteriormente el periodo de sensibilidad, donde la hembra manifiesta ciertas conductas de esconder a la cría de depredadores (esto varía de acuerdo con el fin zootécnico), en el caso del ganado lechero esto no se manifiesta debido a el manejo diferente (Gill *et al.*, 2011).

## **Participación del hombre en la impronta**

Los bovinos son una especie que requiere de manejo rutinario apropiado mediante condicionamiento operante, estos poseen una buena capacidad de aprendizaje y una excelente memoria, es por ello que las acciones por parte del operador establecen esta relación, aumentando la confianza facilitando la interacción, esto es importante debido a que durante el nacimiento de los terneros y tanto las madres como las crías deben estar monitoreados al menos 3 veces al día, que permita evitar incidentes (Parahos *et al.*, 2011). En el caso de la manipulación hacia las yeguas muy importante no se deben hacer ruidos o tener movilidad fuerte que altere a las yeguas debido a que estas pueden atribuirlo a acciones que pongan en riesgo su vida (Córdova *et al.*, 2017).

## **Participación del macho durante la impronta materna**

En especies biparentales la presencia, cuidados, protección, cobijo, así como la enseñanza del macho es esencial para supervivencia y desarrollo normal en las crías (Saltmazan W *et al.*, 2017). Las especies de roedores más estudiadas al mostrar las conductas parenterales son los jerbos de Mongolia (*Meriones unguiculatus*), hámster enano (*Phodopus campbelli*), ratón de California (*Peromyscus californicus*) y ratón mexicano del volcán (*Neotomodon alstoni*), y se ha demostrado que la estimulación de estas pautas son reguladas por hormonas esteroidales tales como la testosterona, la prolactina, estradiol, y progesterona que promueven el acercamiento y cuidado hacia las crías disminuyendo las conductas de agresividad (Ramírez *et al.*, 2009).

La regulación de estas hormonas se lleva a cabo gracias a la participación del área preóptica medial, área hipotalámica anterior núcleo hipotalámico ventromedial, núcleo de la estría terminal, bulbo olfatorio. Se tiene registro que en el ratón de California, si el área preóptica medial produce una alteración al tratar de recuperar



a las crías, no las acicala ni las olfatea disminuyendo este lazo (Martínez *et al.*, 2019).

### **Neuromodulación hormonal materna**

Las hormonas asociadas con el final de la gestación y el período de parto que actúan sobre los receptores cerebrales explican la rápida activación de la capacidad de respuesta materna que se observa en el parto. Están involucradas las hormonas esteroides, el estradiol (E) y la progesterona (P), que son sintetizadas por los ovarios y liberadas en el sistema circulatorio, así como las hormonas proteicas, la prolactina y la oxitocina (Lévy 2016).

El equilibrio de esteroides alrededor del parto juega un papel crítico en la inducción hormonal del comportamiento materno en casi todos los mamíferos que se han estudiado (Gonzalez- Mariscal y Poindron, 2002)

La progesterona (P) es una hormona secretada en los ovarios y la placenta, está encargada en mantener la etapa de gestación, sin embargo, con la llegada del parto esta comienza a disminuir, del mismo modo que aumenta el lactógeno placentario y el estradiol, al aumentar este incrementa a la prolactina, que a su vez conlleva al incremento de los receptores de oxitocina. Debido al aumento de la progesterona, la madre desencadena conductas de realizar el nido previo al parto; una vez que ocurre el parto aumenta la vasopresina y la oxitocina permitiendo que se desencadenen las pautas de agresión en defensa de sus crías, sensibiliza el cerebro materno a estímulos generados, este mecanismo aumenta la tasa de supervivencia, (Ugarte *et al.*, 2013) esta activación ocurre en áreas como la amígdala central, núcleo paraventricular, estría terminal y área medial preóptica (Pérez., 2019). En ratones, la construcción de nidos también está bajo la influencia de niveles altos de P y niveles bajos de E (Lévy 2016).

La prolactina (PRL) normalmente se asocia con el cuidado tanto materno y paterno, esta permite desarrollar adecuadamente el vínculo afectivo entre padres y sus crías, se ha visto que cuando el contacto físico es mayor esta aumenta también, además durante la vida adulta contribuye con un adecuado comportamiento sexual.

(Snowdon *et al.*, 2015). Los valores de la PRL incrementan drásticamente un día previo al parto en las ovejas y 3 días previos al parto en las cabras, posteriormente estos valores se mantienen en niveles altos debido a la estimulación de las ubres por la succión generadas por las crías. Los estrógenos y la progesterona no varían durante el final de la gestación lo que es importante debido a que mejora el comportamiento materno (Hernández *et al.*, 2012). Las cerdas que se encuentran previas al parto, ocurre el incremento de concentraciones plasmáticas de PRL, lo cual nos sirve como indicador marcando el comienzo del comportamiento de la construcción y fabricación del nido (Yun., 2015, Widowski y Curtis, 1990 ; Castrén *et al.*, 1993 ; Algers y Uvnas, 2007). En conejos, la prolactina juega un papel importante en relación con la construcción del nido (Lévy, 2016). La prolactina, junto con E y P, desempeña un papel en la estimulación de la emisión de una señal olfativa por parte del pezón, “la feromona de búsqueda del pezón” que permite al cachorro localizar los pezones maternos (Schaal *et al.*, 2003)

El Núcleo Paraventricular (PVN) es una fuente de proyecciones oxitocinérgicas a otros núcleos dentro del cerebro, donde sirve como neurotransmisor o neuromodulador y regula el comportamiento materno (Lévy, 2016). La oxitocina es un neuropéptido que posee múltiples funciones permitiendo fuertemente la interacción entre la madre y vinculación con su descendencia, contribuye al momento del parto y permite la eyección de leche, brinda a la madre información de la cría, para que esta pueda reconocer e identificar por medio del olfato y el gusto a las crías, (Wenke *et al.*, 2020) también se ha reportado que ayuda a procesos fisiológicos y de conducta social (Lim *et al.*, 2006). La administración de esta hormona de manera exógena en cerdas gestantes, permitió ayudar en el proceso de parto, aumentando las contracciones del musculo liso, sin embargo, ha traído consigo aumento en los mortinatos de las crías tras su dosificación inadecuada y sin regulación al emplearla (Muro *et al.*, 2021).

En las cabras y yeguas los niveles de cortisol sanguíneo se incrementan durante la expulsión de las crías, esto es relacionado, debido al estrés al momento del momento de parto (Kindahl *et al.*, 2007), esto ocurre debido a la maduración fetal

(Fowden et al.,2008). El sistema neural central de la oxitocina está implicado en el inicio de la conducta materna durante el parto en ratas, pero probablemente no desempeñe un papel importante en el mantenimiento de la conducta una vez que se ha establecido

Otros de los neurotransmisores participantes en el vínculo maternal son la dopamina y la norepinefrina cuya finalidad es producir y mantener la conducta maternal, estas actúan en el área medial preóptica del cerebro, sin estas son bloqueadas durante el parto, (se ha visto de manera experimental) disminuye la conducta maternal u ocurre una deficiencia en la misma (Pérez., 2019). La secreción del ácido gamma-aminobutírico (GABA) permite que ocurra una hiperpolarización, debido al intercambio de iones de cloruro que ingresan al citoplasma, del mismo modo ocurre el flujo de cationes de potasio en el espacio extracelular que provocan que el núcleo lateral y la corteza prefrontal la cual regula los procesos de memoria mediante conexiones inhibitorias GABAérgicas (Nakazawa *et al.*, 2011; Mota-Rojas *et al.*, 2022,b; Bienboire-Frosini *et al.*, 2023).

## **Los mecanismos neurofisiológicos**

En ungulados, como las ovejas, bovinos y búfalas el reconocimiento ocurre gracias a la impronta táctil, por medio del contacto físico (Orihuela *et al.*; 2021), gracias al lamido excesivo que principalmente es sobre la cabeza, tórax y miembros posteriores, que permite la estimulación de la respiración, aumenta la circulación, permite realizar la micción y defecación, además de permitir la termorregulación de las crías; incluso se ha demostrado que las madres primíparas pasan menor tiempo realizando el lamido sobre las crías que las madres multíparas, debido a su experiencia previa (Lanzoni, *et al.*; 2021). Las señales olfativas son procesadas por los sistemas olfativos principales y secundarios, se emiten diversas sustancias químicas (feromonas) provenientes de la región anal del cordero, son identificadas gracias al órgano vomeronasal (Pérez, 2019; Ferreira et al., 2000). Los terneros

tratan de incorporarse en promedio a los 17 min después de ser expulsados, pero lo logran en un periodo de entre 37 a 58 minutos (Whalin *et al.*, 2021). En las ovejas la participación de la impronta auditiva ocurre por medio de la emisión de balidos, estos pueden ser balidos bajos o altos por parte de la madre hacia la cría, cuyo propósito es poder reconocerse y saber si se encuentran en peligro (Ramírez, 2011), el lamido además permite la memorización sobre su cría, permitiendo su identificación de manera individual, además se ha visto que el movimiento en la cola que hacen las crías, aumenta el reconocimiento con su madre, debido a que emiten diversos olores característicos de cada individuo (González, 2012; Kendrick *et al.*, 1991). Se ha reportado que en las cabras necesitan contacto constante e interrumpido de lamidos y olfateos para la pronta formación de este lazo que comúnmente ocurren entre los primeros 60-90 min post parto (Nandayapa, 2012) si el cordero se aleja o se separa de la madre durante 2 horas o más la madre rechaza de manera agresiva a la cría una vez que este regresa con ella eliminando la posibilidad de amamantarse, esto es debido a la pérdida del olor (Romero, 2013; Kendrick, 2008; Poitron *et al.*, 1993). En roedores el acicalamiento, permite que la saliva actúe como el vehículo para conducir a las feromonas, y así poder realizar la identificación de sus crías (Orihuela, 2019), durante este reconocimiento se activa del bulbo olfatorio principal y accesorio, reconociendo a la cría en un periodo de 3 a 5 horas post nacimiento (Hernández *et al.*, 2012), incluso a nivel experimental se utiliza el sulfato de Zinc, permitiendo que se atrofién estas zona cerebrales, generando la aceptación y adopción de otras crías (Ugarte *et al.*, 2013). Por otro lado, las cerdas tienden a identificar a las crías mediante la vocalización, generando gruñidos, también adoptan la posición horizontal para exponer las ubres y facilitar el amamantamiento de las crías (Martínez, 2009), debido a que las madres desprenden ciertos olores le incitan la búsqueda de los pezones (Corona y Levi, 2015). Las yeguas reconocen a la cría desde los pocos minutos después de su nacimiento y concluye a las 2 horas, este vínculo primario denominado “periodo de sensibilidad o periodo crítico” permite el desarrollo de su sentido del olfato, además del gusto al realizar el acicalamiento de las crías, que contribuye al secado, micción y defecación (Mota-Rojas *et al.*, 2020), la visualización de la cría es importante

debido a que en caso de no identificarla genera un estado de estrés tanto en la madre como en la cría. (Meneses, 2016) La práctica de placentofagia permite la liberación de señales químicas permitiendo identificar a la cría rápidamente de otras., además esta última actúa como un mecanismo para evitar atraer a predadores que puedan presentarse (Mota- Rojas *et al.*, 2020) se tiene registro que en el caso de las perras esta práctica puede ayudar a reducir el dolor post- parto (Napolitano *et al.*, 2018; Dunbar *et al.*, 1981). En las perra y gatas el reconocimiento se basa en el lamido excesivo en cabeza y zona genitourinaria, desprendiendo feromonas para su identificación, además de estimular la micción y defecación de las crías, además del acarreo de las crías a zonas seguras (Lezama *et al.*, 2019). Esta práctica del lamido se desencadena en el hipocampo de la madre (perteneciente al sistema límbico, situado a los extremos del tálamo) (Ugarte *et al.*, 2013).

## Discusión

En un estudio realizado por Rivera (2013) se utilizaron ratas de la cepa Wistar Kyoto hipertensas (bajo inducción), una vez que estas parieron mostraron altos índices de canibalismo sobre sus crías, esto fue atribuido a las condiciones de adversidad a las que estuvieron expuestas, este estudio hace referencia a los factores que pueden alterar estas conductas tales como hacinamiento, manipulación inadecuada, cambios frecuentes en las cajas donde se alojan, ruidos excesivos, estrés, que pueden crear una ruptura sobre el vínculo madre-cría, del mismo modo se reportan casos donde la madre abandona a las crías. Además, otro estudio realizado por Mora (2013), reporta que el cambio frecuente de camas permite la eliminación de señales olfativas entre la madre y sus descendientes, aumentando el estrés y disminuyendo la supervivencia de camadas; además en este estudio demostró que las madres primerizas no contaban con buenas habilidades de cuidado maternal, si no hasta el segundo parto era donde estas las demostraban. Por otro lado, Williams (2003) menciona que mientras se va acercando la fecha de parto en ratas de la especie *Rattus norvegicus*, aumenta el grado de agresividad de las madres, sin embargo, tras la manipulación diaria de las crías, estas no mostraron conductas de rechazo, esto se debe a que estaban acostumbradas a la manipulación, no estaban hacinadas, y tenían una alimentación balanceada (lo que disminuye la conducta de canibalismo hacia las crías), además de que se le ofrecieron diversos sustratos para la elaboración del nido.

En un estudio realizado en vacas lecheras por Matamala (2021) se reportan algunos de los factores medioambientales que mostraron traer consigo estrés para las madres, en estos destacan el calor excesivo, humedad que rebasaba el 75%, los rayos solares, lluvia, la movilidad del viento. En este estudio se observó que, aunque las madres mostraban conductas de agresión, además dedicaban más tiempo en buscar sombra (lo que es fundamental para el momento de parto), aunado a esto en las crías aumentaba el tiempo en el que estas se ponían de pie, debido a las condiciones del suelo donde estas nacían; finalmente mencionan que el hecho de proveer un ambiente cómodo a la madre durante las etapas de parto disminuye

distocias, además que mejora la salud de la madre y sus crías. Así mismo, se han visto las repercusiones del estrés calórico en búfalas de agua y se han reportado efectos en cuanto a sus funciones biológicas, cambios en el metabolismo, de manera energética, secreciones hormonales, que desencadenan cambios en el crecimiento, y reproducción (Bertoni *et al.*, 2020) Ambos autores hacen hincapié en proveer una adecuada alimentación, además de permitir pastar a los rumiantes, proveer áreas de sombra y agua a disposición.

De acuerdo con Nowicki (2012), la elaboración del nido antes del parto en las cerdas es fundamental para que desempeñe el comportamiento maternal, la hembra tiende a ir recolectando el sustrato disponible (principalmente paja), si evitamos la conducta de construcción del nido, estas tienden a mostrar estrés aumentando sus niveles de estradiol, además que, de manera natural, este sirve para ocultar a las crías de posibles depredadores. Dicho autor menciona la utilización de jaulas de maternidad, las cuales deben estar bien diseñadas para evitar aplastamientos de las crías y que estas puedan acceder en el menor tiempo a amamantarse, además menciona que su empleo evita que las crías tiendan a estar afectado por factores ambientales. Los comportamientos de elaboración de nido también se presentan en hembras con jaulas en donde se puede notar actividades como hozar y morder los barrotes (Ciap, 2008).

Los niveles plasmáticos de prolactina en las cerdas antes del parto comienzan a incrementar para que comience la construcción del nido reporto valores de esta hormona en 6.1 y 15 ng/ml en sangre arterial incluso en los últimos 2 - 4 días., sin embargo, esta se incrementó 48 horas previas al momento de parto. Por otro lado, se han reportado rangos de entre 5.2 ng/ml a las 24 horas antes del parto (Randall *et al.*, 1986; de Passillé *et al.*, 1993; King y Wathes, 1989).

Para que el macho pueda intervenir en las actividades filiales deben de disminuir ciertas hormonas que les permitan el acercamiento a las crías sin cometer infanticidio o tener conductas de agresividad. Hormonas como la progesterona decrecen, los estrógenos, vasopresina y oxitocina van aumentando en el macho, estimulando la conducta paternal (Bales, 2016). Sin embargo, los niveles la

testosterona en estos machos biparentales decaen antes, durante, y días posteriores al parto, esto influye en que se presente la expresión del comportamiento paterno; sin embargo, estos pueden diferir dependiendo de la especie (Saltmazan *et al.*, 2017). Un estudio realizado por Ramírez *et al.*, (2009) mide los niveles de testosterona a ratones del volcán (*Neotomodon alstoni*), durante el apareamiento, 5, 10 y 20 días posteriores a el nacimiento de las crías, así mismo, determinaron el comportamiento filial, los resultados obtenidos fueron que los niveles de testosterona plasmática se encontraron iguales que durante el apareamiento, estos tuvieron comportamientos de acareo y aso hacia sus crías, la convivencia con la hembra disminuye la conducta infanticida.

Según Napolitano (2021) la interferencia del hombre, aunado a instalaciones deficientes y un entorno natural inadecuado, repercute de manera negativa para crear el vínculo maternal, se ha reportado que en especies como cabras, búfalas y ovejas las madres dedican menos tiempo en la búsqueda de un lugar, si están sometidas a eventos estresantes, proporcionan poca o nula atención a las crías y finalmente las abandonan, incluso se ha observado que tienden a mostrar agresividad hacia estas.

Un estudio realizado en el 2020, separaron a las cabras y sus cabritos en 2 grupos, uno de ellos fue separados al momento de nacer y el otro se le dejó tener contacto por 5 minutos, después de 3 horas fueron devueltos, observaron que en el grupo experimental los 5 minutos de reconocimiento fueron suficientes para evitar rechazo de las crías, por lo que las madres las aceptan como propias, en contraste con el grupo control en el cual la madre mostro rechazo e incluso conductas de agresión (Klopfer *et al.*, 1964; Kent, 2020). La separación temprana de la madre ha servido como modelo experimental, en el que se ha observado, que genera estrés en las crías debido al abandono, de tal manera, permitió registrar la presencia de problemas en la salud, ansiedad, desarrollo tardío en el sistema endocrino, inmunológico, nervioso y de comportamiento (Moreno., 2009).

En las ovejas el reconocimiento entre la madre y su descendencia como señala Olazábal (2013), ocurre de manera selectiva y transcurre en un lapso ente 30 a 120



min después del parto, donde interactúa y amamanta a su cría, en caso de que se le presente una cría ajena con la cual no ha establecido contacto ocurre el rechazo. La búsqueda de madres sustitutas o madres nodrizas aumenta la supervivencia de las crías, para ello están diseñadas diversas técnicas (cabras y becerros) desde quitar la piel al cordero fallecido de la madre sustituta, restregar al nuevo cordero con el líquido amniótico y placenta hasta poner a la madre con la cría en un lugar pequeño, amarrar a la madre y acercar a la cría ayudando a que esta comience a mamar (FAO s/f) de este modo podríamos crear este lazo maternal. La práctica de placentofagia para mejorar el vínculo filial; De acuerdo con Mota-Rojas *et al.* (2020) se han reportado múltiples efectos benéficos al realizar la práctica de placentofagia en mamíferos, en donde destacan el aumento del comportamiento maternal, aumento del vínculo afectivo, proporción de nutrientes, analgesia a la madre, previene cuadros de hemorragias después del parto, aumenta la producción latea; aunado a esto, es un mecanismo de supervivencia para evitar el reconocimiento de predadores. De la misma forma Nandayapa (2012), menciona que, en el caso de las ovejas, estas se sienten atraídas hacia las membranas amnióticas, corolantoideas, líquido amniótico y placenta, además que esta práctica aumenta la formación del vínculo materno filial asegurando la supervivencia de la progenie lo que concuerda con lo ya reportado.

## **Conclusión**

Es de suma importancia que se lleve adecuadamente este lazo afectivo entre la madre y sus descendientes, asegurando la supervivencia de las crías, ya que como vimos los padres son los encargados en proveerles el alimento, nutrientes, aumentan su inmunidad (por medio de la leche materna al adquirir inmunoglobulinas), así como brindarles protección, cobijo, calor y los cuidados necesarios promoviendo el completo desarrollo.

Es importante destacar que el tiempo establecido para el reconocimiento neonatal varía de unas pocas horas a unos pocos días, según la especie. Como la interacción madre-cría depende del nivel de desarrollo locomotor, sensorial y neuronal del recién nacido, varía en especies precoces y altriciales. Es importante destacar también que las crías de especies precoces (p. ej., cabritos, corderos y terneros) nacen completamente desarrolladas, tienen un sistema de termorregulación más desarrollado y, por lo tanto, poco después del nacimiento son capaces de seguir el amamantar y alimentar con más independencia. Estas especies desarrollan un cuidado discriminativo, que permite la lactancia exclusiva y un claro reconocimiento quimiosensorial entre la cría y la madre poco después del nacimiento. Por otro lado, las crías de especies altriciales (por ejemplo, cánidos, roedores y felinos) no están completamente desarrolladas y tienen capacidades sensoriales y locomotoras limitadas al nacer, lo que requiere protección parental continua durante las primeras semanas posnatales. el aseo parental, la alimentación, y en especies nidícolas (e.g., ratas, ratones, conejos), el comportamiento de anidación representa una barrera física protectora, delimitando el espacio donde se desarrolla la interacción madre-cría. En muchas especies altriciales, como los caninos, los cachorros nacen con orejas y ojos no funcionales y su capacidad de movimiento mecánico está severamente limitada. Las capacidades cognitivas, sensoriales y locomotoras de las especies precocial y altricial están asociadas con la neurogénesis prenatal y los grados de maduración cerebral.

Po otro lado los factores ambientales pueden generar alteraciones en la impronta materna, ya sea incrementando el tiempo de parto, conexión con la teta; esto se ve

entorpecido debido a las deficientes o nulas condiciones en los parideros (salas de maternidad), es por ello que se debe conocer perfectamente cada especie con la que se trabaja (especies altriciales o precociales) y sus requerimientos, en cuanto a las instalaciones (ventilación, animales por metro cuadrado), tipo de suelo que requieren, horas luz, camas adecuadas, comederos, bebedero, que la temperatura sea la óptima, numero de camadas ideales), para que se produzca el menor estrés posible en la madre y cría. De esta forma reducimos los factores que pueden alterar este lazo fundamental, además de manera productiva tendremos menos decesos posibles, aumentando ganancias económicas y mejorando el bienestar de nuestros animales. Mejorando estas condiciones permitimos que el reconocimiento de las madres con sus crías sea más rápido y que el periodo de sensibilidad, en donde participan los sentidos sea idóneo ya que como vimos algunas especies emiten los lamidos sobre las crías, que promueven la micción, defecación, estimulación para poder respirar, así como dispersan feromonas que permite su identificación diferenciándolos de otras camadas. La madre por medio de la vista tiene un panorama que le permite tener una visualización de los posibles riesgos hacia su cría, como son los depredadores, por lo que esto contribuye a facilitar su resguardo, además de poder localizarlas rápidamente. La cría tiene un proceso neurobiológico (activación cerebral) en donde va a almacenar esta información y posteriormente cuando llegue a la etapa adulta lo replicará (memoria adquirida).

Gracias a la cascada hormonal y los diversos neurotransmisores que son secretados durante este periodo sensible, la madre y sus crías crean este vínculo que es pieza clave para el aprendizaje y comportamiento de estos.

## **Recomendaciones**

Se espera que después de la realización de este trabajo se siga fomentando el desarrollo de diversas líneas de investigación sobre la impronta materna a nivel de campo o experimental en áreas más controladas como bioterios, para poder realizar diversas comparaciones entre un mayor número de especies.

En los sistemas de producción intensiva, los neonatos y las madres son frecuentemente separados poco después del nacimiento, truncando el proceso de vinculación madre-cría, y sus desarrollos neurobiológicos asociados que pueden reducir el bienestar tanto de la madre como del recién nacido, incluso hasta más tarde en la edad adulta. Por lo tanto, un campo especialmente importante para el estudio futuro incluye el desarrollo de nuevos procedimientos que no afecten el rendimiento de las unidades de producción pero que beneficien el bienestar animal. En ese sentido, es importante entender los procesos en diferentes especies para proponer nuevos modelos productivos que potencien las prácticas actuales. Se abren nuevas perspectivas de investigación centradas en analizar los procesos neurobiológicos inherentes al reconocimiento madre-cría, donde la comunicación feromonal también juega un papel importante. Sin embargo, aunque este tipo de mediación se ha estudiado en roedores hembras, el papel de las feromonas maternas en el cerebro neonatal sigue siendo un campo de investigación que podría investigarse a fondo.

La implicación del reconocimiento mutuo madre-cría y el comportamiento de crianza en el comportamiento materno del recién nacido en su edad adulta también es de interés, donde los estudios en roedores han demostrado que la liberación de oxitocina y una adecuada dinámica madre-cría promueve una mejor atención materna para las generaciones futuras. Asimismo, el comportamiento social es un aspecto importante en la cría de animales de granja, en particular las interacciones agonísticas. En ese sentido, diversos autores han demostrado que los corderos criados con su madre o separados de ella mostraban diferentes comportamientos sociales después del destete y la mezcla, y los cabritos criados por madres iniciaban

más, pero recibían menos interacciones agonísticas que los cabritos separados por madres.

Revisamos como la eliminación de ruido excesivo, evitar hacinamientos y modificaciones en las camadas para disminuir el canibalismo. Del mismo modo considerar factores medioambientales, fisiológicos, para poder evaluarlos y en un futuro trabajar en ello, debido a la gran influencia que estos generan, se deben crear las suficientes modificaciones para evitar conductas inadecuadas tanto en las madres como en las crías, al facilitar el vínculo maternal mejoramos la vida productiva.

Fomentar estrategias que permitan a las madres realizar sus nidos de materiales adecuados, disminuyendo la hipotermia sobre las crías.

Es importante destacar que, si bien los mecanismos de unión promovidos por los estímulos mencionados son propios tanto de animales precociales como altriciales, las diferencias entre ellos pueden hacer que un mecanismo sea más importante que otros durante los primeros días de vida; por ejemplo, interacción olfativa en roedores. Aprender más sobre estas características ayudará a garantizar que el contacto inicial y la respuesta de los animales no humanos contribuyan a la supervivencia neonatal al promover o prevenir el vínculo, según la especie.

Finalmente, la investigación del comportamiento materno en el vínculo madre-cría en animales tiene una importancia evidente en el contexto de la ciencia traslacional a áreas clínicas, incluidas la psiquiatría y la psicología.

## Literatura citada

- Alba J., Romero L. (2002). Las bases biológicas de la conducta materna en roedores, *Rev. Ciencia*, Vol. 69, pp 44-49.
- Arias R., Mader T., Escobar P. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40(1), 7-22.
- Bales K., Saltmazan W. (2017). Fathering in Rodents: Neurobiological Substrates and Consequences for Offspring 77, 249–259.
- Bolhuis J.J. (2009). "Imprinting" in The Corsini encyclopedia of psychology. eds. I. B. Weiner and E. Craighead (New Jersey, USA: John Wiley & Sons), 1–2.*
- Bertoni A., Napolitano F., Mota-Rojas D., Sabia E., Álvarez-Macías A., Mora-Medina P., Morales-Canela A., Berdugo-Gutiérrez J., Legarreta I.G.-, 2020. Similarities and Differences between River Buffaloes and Cattle : Health , Physiological , Behavioral and Productivity Aspects. *J. Buffalo Sci.* 9, 92-109.
- Bienboire-Frosini, C.; Marcet-Rius, M.; Orihuela, A.; Domínguez-Oliva, A.; Mora-Medina, P.; Olmos-Hernández, A.; Casas-Alvarado, A.; Mota-Rojas, D. (2023). Mother–Young Bonding: Neurobiological Aspects and Maternal Biochemical Signaling in Altricial Domesticated Mammals. *Animals*, 13, 532.
- Broad K., Curley J., and Keverne E. (2006). Mother–infant bonding and the evolution of mammalian social relationships. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 361, 2199–2214. doi: 10.1098/RSTB.2006.1940
- Brun V. (2011). Desarrollo y expresión del comportamiento parental espontáneo en ratones de laboratorio (*Mus musculus*)

- C57BL6. Tesis de grado. Universidad de la República de Uruguay.
- Bustos M. (2008). Núcleo accumbens y el sistema motivacional a cargo del apego. *Rev. chilena de neuro-psiquiatría*, 46(3), pp:207-215.
- Ciap. (2008). Comportamiento de las cerdas preparto: construcción del nido. Disponible en <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Lascerdasdeprepartomuestranpatronesnaturales.pdf>.
- Córdova A., Villa E., Huerta R., Rodríguez B. (2017). Factores externos que pueden ocasionar estrés en caballos. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. Mexico. 11(1):43-68.
- Díaz L. (2017). La experiencia materna modifica la memoria en dos sublíneas de ratas de la cepa sprague-dawley. Tesis doctoral. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- FAO. (2010). Manejo sanitario de eficiencia en los cerdos. Nicaragua. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/as542s/as542s.pdf>.
- FAO. (s/f). Manual para el personal auxiliar de sanidad animal primaria. Lección 21. Cuidado del recién nacido. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/T0690S/t0690s06.htm#lecci%C3%B3n%2021:%20cuidado%20del%20reci%C3%A9n%20nacido>
- Fowden A., Forhead A., & Ousey J. (2008). The Endocrinology of equine parturition. *Experimental and clinical endocrinology & diabetes: official journal, German Society of Endocrinology and German Diabetes Association*, 116(7), 393–403.
- Gill A. & Drescher K. (2011). Conducta materna. Implicaciones en el manejo, producción y reproducción. *Rev. Mundo pecuario*. N°2, pp:73-84.

- González C. (2012). Comportamiento maternal en ovejas West African y mortalidad en corderos. *Rev. Mundo Pecuario*, VIII, Nº 1, 33-48
- Gonzalez-Mariscal G., Poindron P. Parental care in mammals: immediate internal and sensory factors of control. In: D P, Editor. *Hormones, brain and behavior*. Elsevier; 2002. p. 215–97.
- Hernández H., Terrazas A., Poindron P., Ramirez S., Flores J., Delgadillo A., Vielma J., Duarte G., Fernández I., Fitz G., Retana S., Muñoz M., Serafín N (2012). Sensorial and physiological control of maternal behavior in small ruminants: sheep and goats. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15 1: pp 91 – 102.
- Hernández M., Herrera D., Fernández C. (2012). Capítulo 10. Neurofisiología de la conducta. *Ed Ávila C. Conducta materna* 202-210.
- Juan L., Ramírez L., Carmona A., Ortiz G., Delgado J., Cárdenas R. (2009). Comportamiento paterno y niveles plasmáticos de la testosterona en el ratón de volcán *Neotomon alstoni* (Rodentia: Murridae). *Revista biológica Tropical*, 57,433-439.
- Kent J. P. (2020). The cow-calf relationship: from maternal responsiveness to the maternal bond and the possibilities for fostering. *The Journal of dairy research*, 87(S1), 101–107.
- Kindahl, H. Funciones de la placenta con especial énfasis en los cambios endocrinos: una descripción general comparativa. *Acta Vet Scand* 49 (suplemento 1), S15 (2007).
- Lanzoni L., Chincarini M., Giammarco M., Fusaro I., Gloria A., Contri A., Ferri N., Vignola G. (2021) Maternal and neonatal behaviour in Italian Mediterranean Buffaloes. *Animals*, 11(6), 1584.
- Lévy F. (2016). Neuroendocrine control of maternal behavior in non-human and human mammals. *Annales d'endocrinologie*, 77(2), 114–125.



- Lezama K., Mariti C., Mota D., Martínez D., Barrios H., Gazzano A. (2019)  
b. Maternal behaviour in domestic dogs, *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 7:1, 20-30.
- Lim M, Young J. (2006). Neuropeptidergic regulation of affiliative behavior and social bonding in animals. *Horm Behav* 50: 506–517.
- Luis J. (2007). Conducta paterna, agresión y niveles de testosterona en el gerbo de Mongolia *meriones unguiculatus*. Tesis licenciatura. Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Madigan S, Bakermans M, Van L, Moran G, Pederson D, Benoit D. (2006). Estados mentales no resueltos, comportamiento parental anómalo y apego desorganizado: una revisión y metaanálisis de una brecha de transmisión. *Apego y Desarrollo*, 8 (2), 89-111.
- Martínez A., Arteaga M., Bonilla H., Cárdenas M., Rojas J., Vigeras R., Limón O (2019). Comportamiento paterno en el jerbo mongol y su regulación por factores sociales, T, ER $\alpha$  y AR. *ELSEVIER*. 351-358.
- Martínez G. (2009). Mecanismos neurobiológicos de la conducta paterna. *suma psicológica*, 16(1),45-51.
- Matamala F., Strappini Ana., & Sepúlveda-Varas, Pilar. (2021). Comportamiento de las vacas lecheras en torno al parto: su relación con las prácticas de manejo y las condiciones ambientales. *Revista Austral de Ciencias Veterinarias*, 53(1), 9-22.
- Meneses D. (2016). Comparación de dos técnicas de impronta en potrillos hasta los 30 días de edad. Tesis licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

- Mora E., Reyes L., Pacheco L., Caiza F. (2013). Efecto del cambio de jaulas en la producción de ratas Sprage Dawley. Universidad de Costa rica. San José Costa rica.
- Moreno L., Lamprea M., Duenas Z. (2009). Diferencias en los comportamientos asociados con la ansiedad de rata macho y hembra expuestas a un protocolo de estrés crónico por la separación. *Suma psicológica*. Vol. 16 N° 1.
- Mota-Rojas D., Orihuela A., Strappini A., Villanueva-García D., Napolitano F., Mora-Medina P., Barrios-García H., Herrera Y., Lavallo E., Martínez-Burnes. (2020). Consumption of Maternal Placenta in Humans and Nonhuman Mammals: Beneficial and Adverse Effects. *Animals* 2020, 10, 2398.
- Mota-Rojas D., Marcet-Rius M., Freitas-de-Melo A., Muns R., Mora-Medina P., Domínguez-Oliva A., et al. (2021). Allonursing in wild and farm animals: biological and physiological foundations and explanatory hypotheses. *Animals* 11:3092. doi: 10.3390/ani11113092
- Mota-Rojas D., Bienboire-Frosini C., Marcet-Rius M., Domínguez-Oliva A., Mora-Medina P., Lezama-García K. and Orihuela A. (2022a) Mother-young bond in non-human mammals: Neonatal communication pathways and neurobiological basis. *Front. Psychol.* 13:1064444.
- Mota-Rojas D., Wang D., Titto CG., Martínez-Burnes J., Villanueva-García D., Lezama K., Domínguez A., Hernández-Avalos I., Mora-Medina P., Verduzco A., Olmos-Hernández A., Casas A, Rodríguez D., José N., Rios J. and Pelagalli A. (2022) Neonatal infrared thermography images in the hypothermic ruminant model: Anatomical-morphological-physiological aspects and mechanisms for thermoregulation. *Front. Vet. Sci.* 9:963205.

- Mota-Rojas D., Marcet-Rius M., Domínguez-Oliva A., Martínez-Burnes J., Lezama-García K., Hernández-Ávalos I., Rodríguez-González D., Bienboire-Frosini C. (2023). The Role of Oxytocin in Domestic Animal's Maternal Care: Parturition, Bonding, and Lactation. *Animals* 2023, 13, 1207. <https://doi.org/10.3390/ani13071207>
- Nandayapa E. (2012). Estudio de la relación entre el consumo de la placenta, el comportamiento madre-cría y los niveles de estrógenos, progesterona y cortisol durante el primer día postparto en cabras. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México
- Napolitano F., Guerrero L., Mota-Rojas D., Orihuela A. (2019). Capítulo. El búfalo de agua en las Américas enfoques prácticos y experimentales. 2da edición. Ciudad de México, México.
- Napolitano F., Mota-Rojas D., Mora P., Berdugo J., Ruiz J., Nava-Adame J., Guerrero I. (2018). Comportamiento materno de la búfala. *Entorno Ganadero*. Suplemento especial de Búfalos 15 (95):50-60.
- Navarrete A. (2004). El periodo de impronta en los canidos domésticos (canis familiaris). Revisión bibliográfica. Universidad Austral de Chile.
- Negatu Z, McNitt JI (2002). Hormone profiles and nest-building behavior during the periparturient period in rabbit does. *Anim Reprod Sci*;72(1-2):125-35.
- Nowicki J., Klocek C., Schwarz T. (2012). Factors affecting maternal behaviour and responsiveness in sows during periparturient and lactation periods. *Journal of small Animal Practice*.12. 455-469.

- Ohki-Hamazaki H. (2012). Neurobiology of imprinting. *Brain Nerve* 64, 657–664. doi: 10.11477/mf.1416101216
- Orihuela A., Mota D., Strappini A., Serrapica F., Braghieri A, Mora P., Napolitano F. Neurophysiological Mechanisms of Mother–Young Bonding in Buffalo and Other Farm Animals. *Animals* 2021, 11, 1968.
- Orihuela A.; Galina C.S. (2021). The effect of maternal behavior around calving on reproduction and wellbeing of zebu type cows and calves. *Animals*, 11, 3164. <https://doi.org/10.3390/ani11113164>.
- Paranhos M, Tarazona A. (2011). Practical approach on how to improve the welfare in cattle. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, vol. 24, núm. 3, julio-septiembre, 2011, pp. 347-359 Universidad de Antioquia Medellín, Colombia.
- Ramírez L, Carmona L, Ortiz A, Delgado G, Cárdenas R. (2009). Comportamiento paterno y niveles plasmáticos de testosterona en el ratón volcán *Neotomodon alstoni* (Rodentia: Muridae). *Revista de Biología Tropical*, 57 (1-2), 433-439.
- Ramírez M, Soto R, Poindron M, Álvarez L, Valencia J, González F, Terrazas A. (2011). Comportamiento maternal alrededor del parto y reconocimiento madre-cría en ovinos Pelibuey. *Veterinaria México*, 42(1), 11-25.
- Rivera C. (2013). Manejo reproductivo de la colonia de Rata Espontáneamente Hipertensa (SHR) y su control Normotenso Wistar Kyoto (WKY) en el bioterio del Instituto de Fisiología Celular de la Universidad Nacional Autónoma de México. *Redvet*. Vol. n°14 11
- Rivera K. (2019). Factores de manejo asociados a la mortalidad en lechones lactantes en granja porcícola la vitrina. Tesis

licenciatura. Corporación Universitaria Lasallista. Caldas-Antioquia. Colombia

Romero J. (2014). Estudio de las relaciones en el cordero antes y después del destete. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.

Romero L & Alba J. (2018). La conducta paterna en los roedores. *Ciencia*, volumen 69, numero 4, pp 2-3.

Saltzman W, Harris, De Jong T, Perea J, Horrell N, Meng J. (2017). Paternal Care in Biparental Rodents: Intra- and Inter-individual Variation, Integrative and biology, volumen 57, número 3, páginas 589–602.

Santos N., Beck A., Fontbonne A. (2019). A review of maternal behaviour in dogs and potential areas for further research: Maternal behaviour in dogs. *Journal of Small Animal Practice*.

Schaal B, Coureaud G, Langlois D, Giniès C, Semon E, Perrier G. (2003) Chemical and behavioural characterization of the rabbit mammary pheromone. *Nature*. 424:68–72.

Senasa. (2015). Manual de bienestar animal. Un enfoque practico para el buen manejo de especies domesticas durante producción, concentración, transporte y faena. V1, 17-67.

Snowdon CT, Ziegler T. (2015). Variation in Prolactin Is Related to Variation in Sexual Behavior and Contact Affiliation. *PLoS ONE* 10(3).

Ugarte A., Cortés M., Eguibar J., Melo A. (2013). Biología celular y molecular de las conductas reproductivas. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma de Tlaxcala, México.

Vargas M, Ambris D, Navarro M, Trejo A, Rodríguez G, Gonzales M. (2018). Manejo de animales del bioterio de la UAM-I. Universidad

Autónoma Metropolitana. <https://catalogo.altexto.mx/manejo-de-animales-del-bioterio-de-la-uam-i-u3p9o.html>

- Waiblinger S., Boivinb X., Pedesen V., Tosi M., Janczak A., Visser K., Jones R. (2006). Assessing the human–animal relationship in farmed species: A critical review. Elseviere, vol 101, Issues 3–4, Pages 185-242.
- Wenke M., Bokkers E., Lecorps B., von Keyserlingk M., Reenen C., Verwer C., Weary D. (2020). Effect of cow-calf contact on cow motivation to reunite with their calf. *Scientific reports*.
- Whalin L., Weary D., Von M (2021). Understanding Behavioural Development of Calves in Natural Settings to Inform Calf Management. *Animals*, 11, 2446.
- Williams M. (2003). Observaciones preliminares sobre comportamiento prenatal y postnatal de *rattus rattus* var. *Norvegicus* (Linneo 1758) en el laboratorio. *Scielo*. Vol. 2. n° 1 Perú.
- Yun, J., & Valros, A. (2015). Benefits of Prepartum Nest-building Behaviour on Parturition and Lactation in Sows - A Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(11), 1519–1524.