

Peculiaridades de las feromonas en los animales de granja. Revisión

Particular features of pheromones in farm animals. A review

Jaime Jesús Solano-Vergara^{1*} 

¹Oficina de Investigación, Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 154, Prolongación Benito Juárez s/n, col. Centro, 62510, Huitzilac, Morelos, México.

*Autor para correspondencia: jsolano_ver@hotmail.com

Fecha de recepción:

2 de septiembre de 2020

Fecha de aceptación:

1 de agosto de 2022

Disponible en línea:

5 de octubre de 2022

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



Reconocimiento-

NoComercia-

CompartirIgual 4.0

Internacional

RESUMEN

El propósito de la presente revisión fue recopilar información científica relacionada con las feromonas en los animales de granja, para determinar cuáles son sus características, función, lugar y forma de liberación, comunicación del mensaje químico y la reacción que provocan en los animales. Los hallazgos muestran que el sentido del olfato es más importante que el auditivo y visual, pues permite percibir feromonas que modifican la fisiología y conducta en los animales. El conocimiento de las feromonas adquiere relevancia para manejar a los animales con mayor eficiencia en sistemas de producción.

PALABRAS CLAVE:

Comunicación, compuestos químicos, mensaje, receptores, reacción.

ABSTRACT

The purpose of this review was to collect scientific information related to pheromones in farm animals to determine their characteristics, function, place and way of release, chemical communication, and the reaction they produce in animals. The results show that the sense of smell is more important than the sense of hearing and sight, since pheromones that modify the physiology and behavior of animals are perceived through it. The knowledge of pheromones becomes relevant as greater efficiency is sought in productive systems when handling animals.

KEYWORDS:

Communication, chemical compounds, message, receivers, reaction.

INTRODUCCIÓN

La comunicación entre los animales se establece comúnmente por los sentidos visual, auditivo, vocal y táctil (Broom y Fraser 2007; Feldhamer 2007; Ramírez 2008a). En cuanto al sentido del olfato, no es del todo claro cómo algunos compuestos químicos secretados por glándulas exocrinas proporcionan un medio de comunicación que puede ser específico para una función determinada, como una señal de alerta o estímulo, entre otras (Ramírez 2005); estas señales son percibidas a través del órgano vomeronasal o de Jacobson, en la nariz de la mayoría de los mamíferos (Kostov 2007; Zufall y Leinders-Zufall 2007).

La comunicación entre animales de la misma especie a través de sustancias químicas recibe el nombre genérico de *comunicación por feromonas* (Ramírez 2008b), y se caracteriza porque el animal percibe, por medio del olfato, señales químicas muy sensibles, causadas por las moléculas de feromonas que tienden a “diluirse” en gran medida cuando son secretadas en el aire (Brennan y Zufall 2006) y que actúan en muy pequeñas concentraciones.

Algunas de las feromonas en los mamíferos son secretadas por glándulas específicas, otras se encuentran en las secreciones de la vagina y de la mucosa del prepucio, en las glándulas sudoríparas y en otros fluidos biológicos como la saliva (Broom y Fraser 2007); esto ha dado pauta para que, en la actualidad, se afirme que existen más de 250 feromonas en vertebrados, sin que se sepa cuántas son exclusivas de los animales de granja (Ramírez 2005). Sin embargo, no es del todo claro cómo una feromona implicada en alguna función específica logra modificar la fisiología de los animales receptores (Izard 1983), al inducir reacciones endócrinas o conductuales (Ramírez 2008b) y, en ocasiones, con una acción más intensa que el contacto físico y visual (Ferenz y Seidelmann 2003).

Por tal motivo, la presente revisión tiene como objetivo recolectar información científica que muestre la importancia de las feromonas, para caracterizar su función, lugar y forma de liberación, así como la comunicación del mensaje químico y la reacción de los animales de granja en presencia de éstas.

Domesticación

En el proceso de domesticación, los animales de granja se habituaron a la presencia de los humanos por las prácticas de manejo que reciben (Keeling y Jensen 2009), sin alterar su capacidad para secretar algunas feromonas cuando viven en condiciones de bienestar (Broom y Fraser 2007), lo cual induce a una mayor intensidad de su respuesta fisiológica y conductual (Tirindelli et al. 2009).

Los animales de granja manifiestan algunas conductas diferentes a las que presentan los animales silvestres en la marca de territorio, alerta y dispersión (Grandin 1993), también causadas por algunas feromonas (Broom y Fraser 2007). El hacinamiento y manejo rutinario de los animales en los sistemas de producción intensiva impiden la secreción natural de feromonas, al reprimirse la manifestación de sus conductas (Miranda-de la Lama y Mattiello 2010).

La supervivencia de las especies depende de los mecanismos reproductivos, perfeccionados a tal grado que alcanzaron una gran sutileza, pues mediante una serie de señalizaciones químicas y sus respectivas estructuras receptoras se logran acciones sumamente coordinadas y ordenadas en la propagación de las especies (Flores 2008). Estos mecanismos de alguna manera se han mantenido inalterados, lo cual ha facilitado reconocer con precisión ciertas conductas para tomar decisiones por parte de los zootecnistas.

Características de las feromonas

Estructura química

Las feromonas provienen de compuestos químicos denominados *semioquímicos*, los cuales son considerados mensajeros (Ruíz 2007) —por su estructura química de esteroides, derivados de aminoácidos o polipéptidos (Eiroa 1998)—. Éstos son liberados por un animal y recibidos por otros de su misma especie como una señal odorífera volátil (Fuentes et al. 2011), pero, cuando se presenta una interacción entre especies, las alomonas (Nordéus et al. 2012) son sustituidas por las kairomonas, las cuales son capaces de atraer animales de otras especies (Martínez 2013).

Los compuestos químicos de las feromonas son muy variados, de acuerdo con la función que tengan en el animal. En hembras unguiladas en etapa reproductiva se encontraron de los grupos fenol, cetona, alcano, alcohol, amida, ácido y aldehído (Rajananarayanan y Archunan 2011), derivados de ácidos grasos o terpenos, con una base de cadena de carbono con inclusión de átomos de hidrógeno, y también con grupos funcionales como las aminas, ácidos carboxílicos y ésteres (Howse et al. 1998). Algunas feromonas identificadas como hidrocarburos pueden ser de cadena simple (alcano), doble (alqueno) o triple (alquino). Las feromonas pueden ser compuestos químicos de cetonas, furanos, bencenos, bisulfuros y lactonas (Ramírez 2008a).

La estructura química de las feromonas está compuesta por moléculas entre 50 a 130 g/mol, con bajos pesos moleculares y volátiles, pues se evaporan rápidamente al ser expuestas al aire o temperatura ambiente (Ramírez 2005). El tiempo que tardan algunas feromonas en evaporarse es de aproximadamente 30 min (Rodríguez 2009), con una amplitud entre 5 a 45 min (Rajananarayanan y Archunan 2011). En el cuadro 1 (a, b y c), se indica que los compuestos químicos de algunas feromonas de los animales de granja están formados por siete ácidos grasos, cinco alcoholes cíclicos, dos halogenuros, dos amidas, una cetona, un alcano, un alqueno o un aldehído.

En conductas relacionadas con el *efecto macho* y el *efecto hembra* en caprinos y ovinos, se hallaron feromonas específicas constituidas por ácidos grasos y alcoholes cíclicos, que tienen una acción conforme su grado de especificidad, mientras que aquellas moléculas que provocan reacciones de alarma tienen un efecto menor que las que inducen una conducta sexual, de modo que un animal puede distinguir entre sustancias tan similares como dos moléculas con la misma fórmula, pero con un arreglo diferente de los átomos, para producir un grupo funcional distinto llamado *isómero* (Wyatt 2003).

Algunas feromonas son neuroesteroides porque se producen en las células glial, que pertenecen a las neuronas principales del hipocampus (Samba y Jian 2010). Sin embargo, aún existen vacíos en lo que respecta a saber con detalle si la estructura química de las feromonas se altera o modifica por causas diversas

ocasionadas por el tipo de alimentación o cambios genéticos de las razas relacionados a un propósito definido de producción, entre otros.

Función

Las feromonas influyen en individuos de la misma especie y pueden regular la maduración y la reproducción sexual, el desarrollo o estado fisiológico, la alarma, la agregación de individuos, el marcaje territorial o de ruta de sendero (Yamazaki y Beauchamp 2005). La información que liberan las feromonas es muy variada, al distinguir el miedo (Aluja 2011), la jerarquía social, la fertilidad, el sexo y la edad del animal que la secreta (Keller et al. 2012), así como el reconocimiento entre madre y cría (Ramírez et al. 2011), en la conducta de estro (Córdova-Izquierdo et al. 2008) y anestro (Delgadillo et al. 2008), entre las más importantes en los animales de granja.

La condición corporal de la madre y su cría determinan qué tan intenso es el estímulo de las feromonas para establecer el vínculo (Ramírez et al. 2007; Villar et al. 2010). Factores ambientales extremos pueden bloquear la función de las feromonas y afectar ese vínculo (Gómez 2009).

Las feromonas despiden un olor característico que es percibido por otro animal; éste puede ser intenso o suave (Klemm et al. 1984). La comunicación provocada por las feromonas también puede ser utilizada como una bioestimulación (Martin et al. 2004; Lim et al. 2006), y, en el caso de las ovejas, suele ser más intensa por la noche que durante el día (Fabre-Nys et al. 1984). El efecto que provocan las feromonas en los animales debe ser aprovechado para aplicarlo en el manejo práctico rutinario de manera limpia, verde y ética (Martin et al. 2004).

Las feromonas actúan de manera importante, al lograr una respuesta conductual y endócrina en co-nespecíficos (Beynon y Hurst 2004; Brennan y Keverne 2004) (Cuadro 1 a, b y c), pues están delimitadas para una especie en particular (Beauchamp et al. 1976); sin embargo, se encontró que el olor de algunas permanece en los sitios donde estaban individuos de la misma o diferente especie (Broom y Fraser 2007). A su vez, en algunas feromonas, aún no se determina qué amplitud pueden tener al abarcar diversas conductas en los animales, de acuerdo con la

cantidad que secretan y el impacto que producen en sus conespecíficos.

Sitio de liberación

Las feromonas son secretadas por un emisor (Broom y Fraser 2007), que las libera a la atmósfera, para que el aire las lleve y puedan transmitir un mensaje a un receptor potencial, el cual se encuentra a corta o larga distancia. Esto hace que se forme un canal de comunicación entre los individuos (Ruíz 2007).

Cuando las feromonas son emitidas en la orina, los animales marcan sus límites territoriales, reconocen a los vecinos más próximos y también detectan a los intrusos que penetran en su territorio (Broom y Fraser 2007). De acuerdo con McGlone (1985), en la orina de hembras adultas de mamíferos se encuentran feromonas que tienen un efecto antiagresivo. Sin embargo, aún se desconoce el compuesto químico de la feromona responsable de esta conducta de sumisión.

Las feromonas también se liberan de glándulas localizadas en carpo, tarso, metatarso, orbitas, orejas, escroto, interdigitales, abdomen y prepucio de los mamíferos (Ramírez 2008a). Los sitios de liberación de las feromonas en el cuerpo de los animales de granja incluyen prácticamente todo, pues es una manera sencilla de tener una comunicación entre ellos.

Animales de granja

Ovinos y caprinos

En la lana, la cera y la orina del carnero se encuentran feromonas que estimulan a las hembras (Rekwot et al. 2001). En el caso del carnero, la orina es una fuente de feromonas menos potente que la lana y la cera (Knight 1985).

El cuerpo del carnero y cabrío se impregnan de feromonas debido a las secreciones de las glándulas sudoríparas y sebáceas (Sugiyama et al. 1981). En el ovino, la cera en la lana es secretada principalmente en los flancos y alrededor de los ojos (Ungerfeld et al. 2008), y en el caprino, en la cabeza y cuello (Okamura y Mori 2005).

Las feromonas de los carneros y de los cabríos estimulan a las hembras de su especie mediante el "efecto macho" (Okamura y Mori 2005), que acelera

las pulsaciones de la hormona liberadora de las gonadotropinas, y, por consiguiente, la secreción de la hormona luteinizante (Gelez et al. 2004).

Bovinos

Las glándulas sudoríparas se ubican en la parte profunda de la dermis o en la hipodermis (Broom y Fraser 2007); éstas son 25 por ciento mayor por unidad de superficie en ganado cebú con respecto al europeo (Herrera 1980), y cuando presentan una modificación para eliminar sustancias aromáticas como las feromonas reciben el nombre de glándulas odoríferas (Feldhamer 2007).

Los rumiantes presentan glándulas sudoríparas y sebáceas cefálicas para liberar feromonas, aunque la orina de toros tiene un efecto potente en vaquillas en anestro cuando se les impregna en las fosas nasales y en el morro (Broom y Fraser 2007).

La orina, el moco cervico vaginal y las glándulas del epitelio vulvar de vacas en estro producen feromonas que estimulan a vaquillas para que presenten estro (Nordéus et al. 2012) y pueden ser estimuladas por un toro aunque se encuentre separado de ellas por una cerca (Roelofs et al. 2008).

Porcinos

En la saliva de los porcinos, las feromonas se liberan y producen un olor almizclero en el aliento del macho; éstas son producidas en los testículos y transportadas por el torrente sanguíneo a las glándulas salivales submaxilares, donde se unen a una proteína llamada *feromaxeína* (Knight 1985). De acuerdo con la conducta del verraco, la saliva tiene mensajes de agresividad o de atracción hacia la hembra (Dorries et al. 1995). Asimismo, la hembra porcina secreta 50 por ciento de androstenona de la que secreta el verraco (Dorries et al. 1989), y este olor estimula al macho para que se aproxime a ella o viceversa (Tirindelli et al. 2009).

Lagomorfos

En los conejos, las feromonas son secretadas por las glándulas inguinales conspicuas que están constituidas por una porción sebácea superficial y otra porción sudorípara más profunda (Anónimo 1994). Además, tienen glándulas submaxilares y anales que impregnan con feromonas su orina y heces (Hart 1985).

Cuando los conejos frotan el mentón en alguna superficie sólida, secretan feromonas para delimitar su

territorio; esta conducta se conoce como *chinning*, pues las feromonas son sintetizadas por la glándula cutánea submandibular conocida como *chin* (Schalken 1976).

Aves

Las aves domésticas no liberan feromonas, por no tener glándulas sudoríparas en el cuerpo (Gutiérrez 1999). En cambio, la comunicación acústica y visual suple esta función, ya que emiten sonidos que utilizan entre 5 y 15 categorías sonoras discretas (Miller 1984); además, no tienen órgano vomeronasal.

Receptores de feromonas

La mayoría de los mamíferos presentan dos sistemas olfatorios distintos (Leinders y Zufall 2009): el primero es el sistema olfatorio principal, que tiene receptores sensoriales localizados en el epitelio de la nariz y transmite información al sistema nervioso central vía bulbos olfatorios principales; el segundo es el sistema olfatorio accesorio, que recibe información a través de receptores con una estructura especializada, conocido como el órgano vomeronasal (Kostov 2007), próximo a la cavidad de la nariz, el cual transfiere la información a otras regiones del cerebro (Zufall et al. 2008). Este órgano tiene receptores en su tejido, que le permiten detectar sustancias químicas odoríferas liberadas por los animales, gracias a una proteína llamada *complejo mayor de histocompatibilidad*, la cual modula activamente la respuesta animal a las feromonas (Kekan et al. 2017).

El órgano vomeronasal se considera un órgano quimiorreceptor (Keller et al. 2012), por tener neuronas sensoriales (Ramírez 2008b) que tienen conexión con la amígdala (Delgadillo et al. 2009), única estructura del cerebro que recibe información de feromonas directamente del bulbo olfatorio accesorio (Lanuza et al. 2008; Kang et al. 2009), y que, a su vez, tiene conexión con la parte anterior del hipotálamo (Martin et al. 1986).

Las feromonas modulan las neuronas Kisspetin como receptoras del estímulo (Keller et al. 2012). El sentido del olfato de los ungulados incluye más de 1,000 tipos de receptores (Hill et al. 2004), relacionados con diversos comportamientos no descritos o, lo que es más probable, un comportamiento dado involucra la activación de múltiples receptores en los demás

sentidos. El órgano vomeronasal también contiene receptores para feromonas de baja volatilidad, secretadas en la orina y en fluidos vaginales (Johns 1980).

El efecto de las feromonas influye en el sentido olfatorio, aunque el estímulo de la vista en la excitación sexual en toros puede tener mayor impacto (Presicce et al. 1993). La percepción que se logra con el órgano vomeronasal puede considerarse como un sexto sentido en los animales que poseen esta estructura olfativa (Houpt 1980).

El bulbo olfatorio actúa como un receptor neurotransmisor de las feromonas (McClintock 2002), y, al removerlo, se inhibe la respuesta conductual y fisiológica (Klemm et al. 1984; Knight 1985), lo que afecta la jerarquía social y causa más agresión en toretes (Klemm et al. 1984) y menos en verracos (Barnett et al. 1993), además de mostrar conductas aberrantes. En el caso de los ovinos, este bulbo es básico en el funcionamiento del vínculo madre-cría (Poindron et al. 2007). En ausencia del sentido olfativo, las ovejas responden al estímulo del carnero a través de los sentidos de la vista y el oído. Los sentidos desempeñan el papel principal en las conductas que muestran los animales de granja, como resultado de un estímulo por feromonas; en este sentido, el olfato es el que, posiblemente, tiene el mayor rasgo evolutivo.

Mensaje químico y reacciones que provocan

Al secretarse en diversos sitios del cuerpo del animal, las feromonas tienen características químicas diferentes, por lo que pueden ser de baja o alta volatilidad (Klemm et al. 1984). Además, cada una tiene un mensaje específico, el cual provoca también una reacción diferente. Esto les permite mostrar una considerable gama de mensajes, y, cuando algunas actúan en el mismo momento, provocan una respuesta más intensa en los animales del otro sexo (Fuentes et al. 2011).

Las reacciones en el animal receptor suelen ser muy específicas, como sucede en relación con eventos reproductivos (Cuadro 1. a, b y c). En equinos, existe una feromona no identificada que tranquiliza a los machos, lo que permite cabalgarlos sin ajeteo y estrés (Falewee et al. 2006). Las feromonas que liberan carneros adultos tienen mayor efecto en hembras en anestro, que las emitidas por machos jóvenes (Ungerfeld et al. 2008).

En las condiciones en las que viven los animales de granja, no se presentan conductas de alerta, marcaje de territorio y de dispersión, por no enfrentar situaciones de peligro con depredadores (Keeling y Jensen 2009), sobre todo en los sistemas de producción intensivos, ya que no existen evidencias sustantivas que indiquen la secreción de feromonas para estas funciones (Christensen y Rundgren 2008).

Más bien, cuando animales como los ovinos permanecen en alerta y vigilantes, esto se debe a un componente de aprendizaje (Dwyer 2004), así como los caballos asocian experiencias con sitios o personas desagradables (Nicol 2005). En cabras que se encontraban a una distancia de 5 m de una fuente de feromonas de un macho cabrío, se incrementó el consumo de alimento en mayor proporción que en aquellas que recibieron el estímulo a una distancia de 25 m (Mohamadi et al. 2011).

Sincronización de estros

Las feromonas logran una bioestimulación sexual, al sincronizar algunas actividades y estados fisiológicos de las conductas reproductivas (Álvarez et al. 2007), como es el “efecto macho sobre la hembra” (Ungerfeld et al. 2008; Delgadillo et al. 2009), “efecto hembra sobre el macho” y “efecto hembra sobre otra hembra” (Ramírez et al. 2011).

Las feromonas liberadas por los machos influyen en las hembras de otros mamíferos, y pueden llegar, incluso, a sincronizar su actividad sexual; este fenómeno se destaca en ovinos (Signoret 1991), caprinos (Claus et al. 1990), porcinos (Claus y Schams 1990) y bovinos (Patra et al. 2012). En ovinos, existe también el “efecto macho sobre otro macho” (Rosa y Bryant 2002), consistente en la crianza de los corderos junto a un macho adulto, lo que facilita su aprendizaje de conductas sexuales; esto lleva implícito el estímulo de los corderos para olfatear las feromonas en el ambiente producidas por el carnero y las hembras (Maina y Katz 1997).

Cuando cerdas jóvenes olfatean a un macho adulto, adelantan la pubertad cercana a los 30 días, y hembras de alrededor de 190 días de edad presentan una marcada sincronía del estro (Izard 1983). En este sentido, cerdas inyectadas con androstenol

presentaron mayor desarrollo y función secretora de los folículos durante la maduración sexual (Stefańczyk-Krzyszowska et al. 2003).

Atracción sexual

Las feromonas secretadas por hembras ejercen atracción sobre el sexo opuesto (Ramírez 2005; Walker et al. 2008), lo que facilita el apareamiento y la reproducción de la especie. Los estereoisómeros de polysantol y javanol provocan de manera intensa este efecto (Pick et al. 2009).

Especie animal

Caprinos

El macho cabrío impregna su pelaje con orina, después de lamerse el prepucio y el pene durante la temporada reproductiva (Morga y Orihuela 2001); de esta manera atrae a las hembras (Rekwot et al. 2001). Además, su efecto deriva en agresión contra otros machos en defensa de la hembra emisora de feromonas, para iniciar el cortejo y la cópula. En estos casos, la feromona actúa también exacerbando la libido de los machos; de manera particular, en los cabríos el olor es extremadamente fuerte (Shelton 1960).

En algunos casos, cuando los animales tienen mayor peso, mejor condición corporal o son de mayor jerarquía, secretan feromonas con más intensidad que animales con una condición corporal baja, así como machos cabríos expuestos a hembras dominantes; éstas permanecen más tiempo cercanas al macho que hembras subordinadas (Arteaga et al. 2007).

Ovinos

Las ovejas en estro ejercen diferente estímulo hacia los carneros para determinar la intensidad de su actividad sexual, lo cual ocasiona que haya diferencias en la secreción de sus feromonas (Ungerfeld et al. 2006). Esto es secundado por el efecto de atractividad que pueda ejercer la hembra sobre el macho (Tilbrook 1987; Tilbrook y Lindsay 1987). Una oveja adulta olfatea más al macho que una oveja joven; esto ocasiona un mayor estímulo por los olores que percibe (Gelez et al. 2004).

Porcinos

La saliva del verraco contiene atrayentes sexuales que estimulan a las hembras, para lo cual debe producir cantidades copiosas de saliva espumosa; además, también produce un atrayente sexual contenido en las secreciones prepuciales (Hart 1985).

La atracción sexual permite que los animales se agrupen en lo que se conoce como *agregación*, cuando responden a una feromona determinada (Arteaga et al. 2007). De esta manera, la aspersión de una feromona de macho en la nariz de hembras mediante un atomizador provocó mayor efectividad en la inducción del estro (Shrestha et al. 2001).

Aves

En las aves, el sentido de la vista es el más importante, pues permite detectar el colorido que tengan los machos y el tamaño de sus alas al extenderlas, así como los movimientos que realizan durante el cortejo. El olfato en este caso es rudimentario y no percibe aromas en el aire (Gutiérrez 1999). Sin embargo, se desconoce si existe un efecto del amoniaco, como principal sustancia química de las heces, tanto en machos como en hembras (Merchán y Quezada 2013).

De esta manera, el cortejo del macho es fundamental, sobre todo cuando el gallo es de mayor tamaño, tiene un plumaje de colores, llamativo y ostentoso, y ejecuta señales acústicas como el cacareo, el cual utiliza cuando se propone fecundar a las hembras (Cain y Wilson 1974) o repeler a machos rivales. Los mensajes químicos y sus reacciones alcanzan un grado de especificidad en la manifestación de ciertas conductas, lo que no siempre se puede comprender, pues son el resultado de la combinación de los estímulos que reciben los sentidos en los animales, sin dejar de lado el cómo y cuándo, de acuerdo con la edad, sexo y condición corporal.

Interespecificidad

Las feromonas semioquímicas (Cerde et al. 2000), tanto en primates como en mamíferos, confieren un carácter interespecífico, por actuar en individuos de especies diferentes, y resultan benéficas al receptor o al emisor (Ruíz 2007). La comunicación entre animales de especies diferentes se puede establecer mediante las kairomonas (Cork 2004), aunque existen otras cuya acción específica se desconoce en mamíferos.

En rebaños de ovinos y caprinos que conviven juntos, es común que en condiciones de pastoreo sigan a un animal adulto, ya sea ovino o caprino (Miranda-de la Lama y Mattiello 2010), debido a que secretan más intensamente feromonas que uno joven (Ungerfeld et al. 2008). Algunos rasgos comunes entre los carneros y cabríos sugieren que existen feromonas afines a las dos especies —del tipo de las kairomonas (Okamura y Mori 2005)—, las cuales son capaces de estimular tanto a ovejas como a cabras.

El burdégano y la mula son el producto de las cruces entre caballo y burra, y entre yegua y burro, lo cual se logra porque conviven en los mismos sitios, lo que da como resultado una interacción de feromonas entre ambas especies (Dorado y Rangel 2009). Sin embargo, algunas feromonas, como las del macho porcino, no provocan cambios conductuales y fisiológicos en ovejas cuando se les restriega en el hocico (Knight et al. 1983).

Factores que afectan la secreción de feromonas

Estrés

El estrés agudo se considera un factor que bloquea la secreción de hormonas relacionadas con la reproducción de los animales de granja y, específicamente, con las conductas sexuales (Saifullizam et al. 2010). La posición social influye sobre la ocurrencia del estro, de tal manera que animales de baja jerarquía social se encuentran expuestos más continuamente a condiciones de estrés, por lo que muestran depresión de los signos de estro o caen en anestro (Álvarez et al. 2007).

En conejas, se encontró que, al esparcir en las jaulas una feromona sintética, elaborada con ácidos grasos y ésteres, el estrés se disminuyó en los animales, pues se facilitó su manejo al momento del parto (Bouvier y Jacquinet 2008). En condiciones de producción comercial, pollos criados con un análogo de secreción uropigial de gallinas presentaron menos peleas cuando esta sustancia fue esparcida en el ambiente (Madec et al. 2008), al disminuir el estrés por la densidad de población.

Lechones destetados disminuyeron las peleas al recibir una feromona sintética en el alimento (McGlone 2007), lo que incrementó el consumo y las ganancias

de peso (Keeling y Jensen 2009). En situaciones en las que los animales muestran un estado emocional de frustración, presentan conductas estereotipadas y no naturales, que los llevan a no relacionarse con otros animales por medio de feromonas. Sin embargo, en entornos de miedo, los animales secretan feromonas diferentes a las secretadas en un cortejo sexual (Grandin 1997).

El uso de una feromona artificial en porcinos finalizados durante su transporte hacia el rastro — esparcida con un atomizador en la nariz— produjo un ambiente de calma y redujo el efecto del estrés (Wöhr et al. 2003).

Envejecimiento

Cuando los animales presentan una pérdida de interés por los estímulos de su entorno, generan una disminución progresiva de sus conductas sociales, ocasionada por la vejez (Gil 2011); la cual se refleja en la disminución de algunas funciones, lo que impide que secreten feromonas en su máxima capacidad. El proceso de envejecimiento afecta también la función del sistema nervioso central y a los órganos efectores de las conductas (Bernhardi 2005).

Enfermedades

Un animal con ectoparásitos no manifiesta sus conductas sociales, pues tiene que invertir tiempo en rascarse, frotarse y lamerse (Weeks et al. 1995). Asimismo, también colean, sacuden la cabeza, levantan las patas y permanecen echados para ahuyentarlos, lo cual no les permite expresar conductas relacionadas con la secreción de feromonas (Espmark y Langvatn 1979).

Los animales enfermos se encuentran deprimidos, en estado letárgico y se aíslan de las actividades sociales normales del grupo (Orihuela y Vázquez-Pratts 2008; Keeling y Jensen 2009), por lo que es común emplear antibióticos para tratar diversas enfermedades; sin embargo, la secreción de las feromonas en los fluidos vaginales puede ser alterada por el uso de antibióticos (Ungerfeld y Silva 2005).

Cuando los animales presentan dolor, invierten tiempo en lamerse la parte del cuerpo que les lastima, lo cual les impide manifestar de manera natural otras conductas como la reproductiva (Keeling y Jensen 2009). Por otro lado, aves enfermas transmiten

al humano plásmidos conjugados encontrados en feromonas fecales (Lim et al. 2006).

Condiciones ambientales

Las temperaturas extremas, altas o bajas, impiden la expresión de conductas en los animales, lo cual ocasiona que no haya un estímulo para secretar feromonas (Gómez 2009). Los animales hacen frente a las condiciones adversas del clima, mediante la modificación de mecanismos fisiológicos y de comportamiento, para mantener su temperatura corporal dentro de un rango normal. Como consecuencia, es posible observar alteraciones en el comportamiento.

CONCLUSIONES

Las feromonas están formadas por diversos compuestos químicos, lo cual determina su función; éstas son liberadas principalmente en la orina y segregadas por glándulas en diferentes partes del cuerpo, pero su receptor principal es el órgano vomeronasal. El sentido del olfato es más importante que el auditivo y visual, pues permite percibir feromonas que modifican la fisiología y conducta en los animales de granja.

El mensaje y reacción que provocan parece estar más relacionado con la actividad sexual. Factores como la vejez, la enfermedad y las condiciones climáticas afectan la liberación y recepción de las feromonas. El conocimiento de las feromonas adquiere relevancia para manejar a los animales con mayor eficiencia en sistemas de producción.

LITERATURA CITADA

- Aluja DS. 2011. Bienestar animal en la enseñanza de medicina veterinaria y zootecnia. ¿Por qué y para qué? *Veterinaria México* 42: 137-147.
- Álvarez L, Zarco L, Galindo F, Blache D, Martin GB. 2007. Social rank and response to the "male effect" in the Australian Cashmere goat. *Animal Reproduction Science* 102: 258-266. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.11.002>
- Anónimo. 1994. Actitudes y comportamiento del conejo. Dossier. *Boletín de Cunicultura* 72: 68-69.
- Arteaga CML, Martínez GM, Guevara GR, Hudson R. 2007. Comunicación química en mamíferos domésticos. *Veterinaria México* 38: 105-123.
- Barnett JL, Cronin GM, McCallum TH, Newman EA. 1993. Effect of "chemical intervention" techniques on aggression and injuries when grouping unfamiliar adult pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 36: 135-148. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(93\)90005-A](https://doi.org/10.1016/0168-1591(93)90005-A)
- Beauchamp GK, Doty RL, Moulton DG. 1976. The pheromone concept in mammalian chemical communication: A critique. En: Doty RL, editor. *Mammalian Olfaction, Reproductive Processes and Behavior*. Nueva York, Academic Press. P. 143-160.
- Bernhardi MBv. 2005. Envejecimiento: cambios bioquímicos y funcionales del sistema nervioso central. *Revista Chilena Neuro-Psiquiátrica* 43: 297-304.
- Beynon RJ, Hurst JL. 2004. Urinary proteins and the modulation of chemical scents in mice and rats. *Peptides* 25: 1553-1563. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2003.12.025>
- Bouvier AC, Jacquinet C. 2008. Pheromone in Rabbits: Preliminary Technical Results on Farm Use in France. 9th World Rabbit Congress. Verona, Italia.
- Brennan PA, Keverne EB. 2004. Something in the air? New insights into mammalian pheromones. *Current Biology* 14: 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2003.12.052>
- Brennan PA, Zufall F. 2006. Pheromonal communication in vertebrates. *Nature* 444: 308-315. <https://doi.org/10.1038/nature05404>
- Broom DM, Fraser AF. 2007. *Domestic Animal Behaviour and Welfare*. CABI. Wallingford, Reino Unido.
- Cain JR, Wilson WO. 1974. The influence of specific environmental parameters on the circadian rhythms of chickens. *Poultry Science* 53: 1438-1447. <https://doi.org/10.3382/ps.0531438>
- Cerda MAL, Mondragón CR, Díaz SV. 2000. Comunicación química en primates. *Salud Mental* 23: 25-32.
- Christensen JW y Rundgren M. 2008. Predator odour *per se* does not frighten domestic horses. *Applied Animal Behaviour Science* 112: 136-145. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.08.003>
- Claus R, Schams D. 1990. Influence of mating and intra-uterine oestradiol infusion on peripheral oxytocin concentrations in the sow. *Journal Endocrinology* 126: 361-365. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1260361>
- Claus R, Over R, Dehnhard M. 1990. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Animal Reproduction Science* 22: 27-38. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(90\)90035-E](https://doi.org/10.1016/0378-4320(90)90035-E)
- Córdova-Izquierdo A, Córdova-Jiménez MS, Córdova-Jiménez CA, Guerra-Liera JE. 2008. Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en ovejas y cabras. *Revista Veterinaria* 19: 67-79. <https://doi.org/10.30972/vet.1914305>
- Cork A. 2004. *A Pheromone Manual*. Natural Resources Institute/University of Greenwich. Chatham Maritime, Reino Unido.
- Delgadillo JA, Vilma J, Flores JA, Véliz FG, Duarte G, Hernández H. 2008. La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 9: 39-45.
- Delgadillo JA, Gelez H, Ungerfeld R, Hawken PAR, Martin GB. 2009. The "male effect" in sheep and goats-revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research* 200: 304-314. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.02.004>
- Dorado O, Rangel G. 2009. Hibridación en la naturaleza. *Inventio* 5: 63-66.
- Dorries KM, Schimdt HJ, Beauchamp GK, Wysocki CJ. 1989. Changes in sensitivity to the odor of androstenone during adolescence. *Developmental Psychobiology* 22: 423-432. <https://doi.org/10.1002/dev.420220502>
- Dorries KM, Adkins RE, Halpern BP. 1995. Olfactory sensitivity to the pheromone, androstenone, is sexually dimorphic in the pig. *Physiology & Behavior* 57: 255-259. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(94\)00225-T](https://doi.org/10.1016/0031-9384(94)00225-T)
- Dwyer CM. 2004. How has the risk of predation shaped the behavioural responses of sheep to fear and distress. *Animal Welfare* 13: 269-281.
- Eiroa MJLA. 1998. Las feromonas. En: Eiroa MJLA, editor. *Apuntes de ecología química: interacciones*. España, Departamento de Química Orgánica-Universidad de

- las Palmas de Gran Canaria. P. 114-119.
- Esquivel-Gutiérrez ER, Noriega-Cisneros R, Bello-González MA, Saavedra-Molina A, Salgado-Garciglia R. 2012. Plantas utilizadas en la medicina tradicional mexicana con propiedades antidiabéticas y antihipertensivas. *Biológicas* 14: 45-52.
- Espmark Y, Langvatn R. 1979. Lying down as a means of reducing fly harassment in red deer (*Cervus elaphus*). *Behavioral Ecology Sociobiology* 5: 51-54. <https://doi.org/10.1007/BF00302694>
- Fabre-Nys C, Martin GB, Cognié Y, Thiéry JC. 1984. Onset of the preovulatory LH surge and oestrus in intact ewes: Night is preferred period. *Theriogenology* 22: 489-495. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(84\)90048-7](https://doi.org/10.1016/0093-691X(84)90048-7)
- Falewee C, Gaultier E, Lafont C, Bougrat L, Pageat P. 2006. Effect of a synthetic equine maternal pheromone during a controlled fear-eliciting situation. *Applied Animal Behaviour Science* 101: 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.01.008>
- Feldhamer GA. 2007. *Mammalogy: Adaptation, Diversity, and Ecology*. McGraw-Hill. San Francisco, Estados Unidos.
- Ferenz H-J, Seidelmann K. 2003. Pheromones in relation to aggregation and reproduction in desert locusts. *Physiological Entomology* 28: 11-18. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3032.2003.00318.x>
- Flores RH. 2008. La fórmula química de Cupido. *Revista Digital Universitaria* 9: 1-7.
- Fuentes A, Fresno MJ, Santander H, Valenzuela S, Gutiérrez MF, Miralles R. 2011. Sensorpercepción olfatoria: una revisión. *Revista Médica Chilena* 139: 362-367.
- Gelez H, Archer E, Chesneau D, Campan R, Fabre-Nys C. 2004. Importance of learning in the response of ewes to male odor. *Chemical Senses* 29: 555-563. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjh054>
- Gil ES. 2011. Animales geriátricos "Síndrome de disfunción cognitiva". *El Saz*: 1-6.
- Gómez J. 2009. Manejo del comportamiento materno para aumentar la sobrevivencia de los corderos recién nacidos. En: Serie: Producción. Fortalecimiento del Sistema Producto Ovinos. Tecnologías para ovinocultores. México, Sistema Producto Ovinos. P. 116-122.
- Grandin T. 1993. *Livestock Handling and Transport*. CAB. Wallingford, Reino Unido.
- Grandin T. 1997. Assessment of stress during handling and transport. *Journal Animal Science* 75: 249-257. <https://doi.org/10.2527/1997.751249x>
- Gutiérrez G. 1999. Hormonas y reproducción en aves: la influencia de factores ambientales y sociales. *Revista Latinoamericana de Psicología* 31: 151-174.
- Hart BL. 1985. *The Behavior of Domestic Animals*. W. H. Freeman and Company. Nueva York, Estados Unidos.
- Herrera GM. 1980. Características étnicas de la piel de la raza retinta del Guadalquivir. I. Glándulas sudoríparas y folículos pilosos. *Archivos de Zootecnia* 29: 31-50.
- Hill RW, Wyse GA, Anderson M. 2004. *Animal Physiology*. Sinauer Associates Inc. Publishers. Massachussetts, Estados Unidos.
- Houpt KA. 1980. Review of some research areas of applied and theoretical interest in domestic animal behavior. *Applied Animal Ethology* 6: 111-119. [https://doi.org/10.1016/0304-3762\(80\)90063-2](https://doi.org/10.1016/0304-3762(80)90063-2)
- Howse PE, Stevenes IDR, Jones OT. 1998. *Insect Pheromones and their Use in Pest Management*. Chapman and Hall. Londres, Reino Unido.
- Izard MK. 1983. Pheromones and reproduction in domestic animals. En: Vandenbergh JG, editor. *Pheromones and Reproduction in Mammals*. Nueva York, Academic Press. P. 253-285.
- Johns MA. 1980. The role of vomeronasal systems in mammalian reproductive physiology. En: Muller-Schwarz D, Silverstein RM, editores. *Chemical Signals, Vertebrates and Aquatic Intervertebrates*. Nueva York, Plenum Press. P. 341-364.
- Kang N, Baum MJ, Cherry JA. 2009. A direct main olfactory bulb projection to the 'vomeronasal' amygdala in female mice selectively responds to volatile pheromones from males. *European Journal Neuroscience* 29: 624-634. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2009.06638.x>
- Keeling L y Jensen P. 2009. Abnormal behaviour, stress and welfare. En: Jensen P, editor. *The Ethology of Domestic Animals: An Introductory Text*. Ed. 2. Wallingford, CABI. <http://doi.org/10.1079/9781845935368.0085>
- Kekan PM, Ingole SD, Sirsat SD, Bharucha SV, Kharde SD, Nagvekar AS. 2017. The role of pheromones in farm animals- A review. *Agricultural Reviews* 38: 83-93. <http://doi.1018805/ag.v38i02.7939>
- Keller M, Bedos M, Jouhannau M, Martini M, Retana-Márquez S, Delgadillo JA. 2012. Pheromonal modulation of reproductive function in mammals. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: 103-111.
- Klemm WR, Sherry CJ, Sis RF, Schake LM, Waxman AB. 1984. Evidence of a role for the vomeronasal organ in social hierarchy in feedlot cattle. *Applied*

- Animal Behaviour Science 12: 53-62. [https://doi.org/10.1016/0168-159\(84\)90096-0](https://doi.org/10.1016/0168-159(84)90096-0)
- Knight TW. 1985. Pheromones in farm animals. Trends in Pharmacological Sciences 6: 171-173. [https://doi.org/10.1016/0165-6147\(85\)90078-1](https://doi.org/10.1016/0165-6147(85)90078-1)
- Knight TW, Tervit HR, Lynch PR. 1983. Effects of boar pheromones, ram's wool and presence of buck on ovarian activity in anovular ewes early in the breeding season. Animal Reproduction Science 6: 129-134. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(83\)90017-9](https://doi.org/10.1016/0378-4320(83)90017-9)
- Kostov DL. 2007. Vomeronasal organ in domestic animals. Bulgarian Journal of Veterinary Medicine 10: 53-57.
- Lanusa E, Novejarque A, Martínez-Ricós J, Martínez-Hernández J, Agustín-Pavón C, Martínez-García F. 2008. Sexual pheromones and the evolution of the reward system of the brain: The chemosensory function of the amygdala. Brain Research Bulletin 75: 460-466. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2007.10.042>
- Leinders ZT, Zufall F. 2009. Vomeronasal accessory system. En: Squire L, Albright T, Bloom F, Gage F, Spitzer N, editores. Encyclopedia of Neuroscience. Ámsterdam, Elsevier Science. P. 453-459.
- Lim S-K, Tanimoto K, Tomita H, Ike Y. 2006. Pheromone-responsive conjugative vancomycin resistance plasmids in *Enterococcus faecalis* isolates from humans and chicken feces. Applied and Environmental Microbiology 72: 6544-6553. <https://doi.org/10.1128/AEM.00749-06>
- Madec I, Gabarrou JF, Saffray D, Pageat P. 2008. Broilers (*Gallus gallus*) are less stressed if they can smell a mother odorant. South African Journal Animal Science 38: 201-206. <https://doi.org/10.4314/sajas.v38i3.4126>
- Maina D, Katz LS. 1997. Exposure to a recently mated male increases ram sexual performance. Applied Animal Behaviour Science 51: 69-74. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01092-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01092-1)
- Martin GB, Oldham CM, Cognié Y, Pearce DT. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams-A review. Livestock Production Science 15: 219-247. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(86\)90031-X](https://doi.org/10.1016/0301-6226(86)90031-X)
- Martin GB, Milton JTB, Davidson RH, Hunzicker GEB, Lindsay DR, Blache D. 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. Animal Reproduction Science 82-83: 231-245. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.05.014>
- Martínez A. 2013. Introducción a la ecología química y su uso en el manejo de insectos plaga en sistemas forestales. Serie técnica. Manejo integrado de plagas forestales. Cuadernillo: 17. INTA EEA. Bariloche, Argentina.
- McClintock MK. 2002. Pheromones, odors, and vasanas: The neuroendocrinology of social chemosignals in humans and animals. En: Pfaff DW, Arnold AP, Fahrbach SE, Etgen AM, Rubin RT, editores. Hormones, Brain and Behavior. Cambridge, Academic Press. P. 797-870.
- McGlone JJ. 1985. Olfactory cues and pigs agonistic behavior: Evidence for a submissive pheromone. Physiology & Behavior 34: 195-198. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(85\)90105-2](https://doi.org/10.1016/0031-9384(85)90105-2)
- McGlone JJ. 2007. Maternal pheromone effects on pig well-being. Texas Technology University. USDA. REEIS.
- Melo AI, González-Mariscal G. 2010. Communication by olfactory signals in rabbits: Its role in reproduction. Vitamins & Hormones 83: 351-371. [https://doi.org/10.1016/S0083-6729\(10\)83015-8](https://doi.org/10.1016/S0083-6729(10)83015-8)
- Merchán VIS, Quezada UJC. 2013. Reducción de amoniaco de la pollinaza de pollos broiler mediante la adición de zeolita en la ración alimenticia durante el periodo de crianza en la parroquia Paccha del cantón Cuenca, Provincia de Azuay. Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.
- Miller EH. 1984. Communication in breeding shorebirds. En: Burger J, Olla BL, editores. Shorebirds: Breeding Behavior and Population. Nueva York, Plenum Press. P. 169-241.
- Miranda-de la Lama GC, Mattiello S. 2010. The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. Small Ruminant Research 90: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.01.006>
- Mohamadi W, Kia HD, Khani AH, Alijani S. 2011. Effects of male goat pheromones on feeding behavior of female Markhoz goats during breeding season. Pakistan Veterinary Journal 31: 327-330.
- Morga FJ, Orihuela TA. 2001. Frecuencia del lamido poscopulatorio del pene en machos cabríos (*Capra hircus*) y posible función. Veterinaria México 32: 301-303.
- Nicol CJ. 2005. Learning abilities in the horse. En: Mills DS, McDonnell SM, editores. The Domestic Horse: The Origins, Developments, and Management of its Behavior. Nueva York, Cambridge University Press. P. 169-183.
- Nordéus K, Båge R, Gustafsson H, Humblot P, Söderquist L. 2012. The influence of oestrous substances on cyclicity and oestrous behaviour in dairy heifers. Acta Veterinaria Scandinavica 54: 26. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-54-26>

- Okamura H, Mori Y. 2005. Characterization of the primer pheromone molecules responsible for the male effect in ruminant species. *Chemical Senses* 30: i140-i141. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjh153>
- Orihuela A, Vázquez-Prats VM. 2008. Estrategias conductuales en la relación parásito-hospedero. *Revisión. Técnica Pecuaria México* 46: 259-285.
- Patra MK, Barman P, Kumar H. 2012. Potential application of pheromones in reproduction of farm animals-A review. *Agricultural Reviews* 33: 82-86.
- Pick H, Etter S, Baud O, Schmauder R, Bordoli L, Schwede T, Vogel H. 2009. Dual activities of odorants on olfactory and nuclear hormone receptors. *Journal Biological Chemistry* 284: 30547-36720. <https://doi.org/10.1074/jbc.M109.040964>
- Poindron P, Terrazas A, Navarro ML, Serafín N, Hernández H. 2007. Sensory and physiological determinants of maternal behavior in the goat (*Capra hircus*). *Hormones and Behavior* 52: 99-105. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.023>
- Presicce GA, Brockett CC, Cheng T, Foote RH, Rivard GF, Klemm WR. 1993. Behavioral responses of bulls kept under artificial breeding conditions to compounds presented for olfaction, taste or with topical nasal application. *Applied Animal Behaviour Science* 37: 273-284. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(93\)90117-8](https://doi.org/10.1016/0168-1591(93)90117-8)
- Rajanarayanan S, Archunan G. 2011. Identification of urinary sex pheromones in female buffaloes and their influence on bull reproductive behaviour. *Research in Veterinary Science* 91: 301-305. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2010.12.005>
- Ramírez LN. 2005. Feromonas: la atracción sexual en producción animal. *Mundo Pecuario* 1: 52-54.
- Ramírez LN. 2008a. La bioestimulación femenina en el ganado bovino. *Mundo Pecuarios* 4: 80-86.
- Ramírez LN. 2008b. Bases anatómicas y fisiológicas de la comunicación sexual en los bovinos. *Mundo Pecuario* 4: 76-79.
- Ramírez S, Flores JA, Hernández BJD, Mejía A, López SB, Osorio L, Valencia JP, Bancharo G, Terrazas A, Poindron P, Delgadillo LA, Hernández H. 2007. En las cabras suplementadas con maíz durante los últimos días de gestación se facilita que las crías reconozcan a su madre. V Congreso Latinoamericano de especialistas en pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos. ALEPRyCS. Mendoza, Argentina.
- Ramírez MG, Soto R, Poindron PP, Álvarez L, Valencia JJ, González FR, Terrazas AM. 2011. Comportamiento materno alrededor del parto y reconocimiento madre-cría en ovinos Pelibuey. *Veterinaria México* 42: 27-46.
- Rekwot PI, Ogwu D, Oyedipe EO, Sekoni VO. 2001. The role of pheromones and biostimulation in animal reproduction. *Animal Reproduction Science* 65: 157-170. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00223-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00223-2)
- Rodríguez CD. 2009. Olfato canino, nociones básicas para el trabajo con perros. *Revista Electrónica de Veterinaria. REDVET* 10: 1-9.
- Roelofs JB, Soede NM, Voskamp HW, Kemp B. 2008. The effect of fenceline bull exposure on expression of oestrus in dairy cows. *Animal Reproduction Science* 108: 226-235. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.08.002>
- Rosa HJD, Bryant MJ. 2002. The 'ram effect' as a way of modifying the reproductive activity in the ewe. *Small Ruminant Research* 45: 1-16. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00107-4](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00107-4)
- Ruíz MC. 2007. ¿Que son las feromonas? *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana. La Ciencia y el Hombre* 20: 1-2.
- Saifullizam AK, Routly JE, Smith RF, Dobson H. 2010. Effect of insulin on the relationships of estrous behaviors to estradiol and LH surges in intact ewes. *Physiological & Behavior* 99: 555-561. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.01.019>
- Samba D, Jian K. 2010. The testosterone-derived neurosteroid androstanediol is a positive allosteric modulator of GABA_A receptors. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 334: 1031-1041. <https://doi.org/10.1124/jpet.110.169854>
- Sankar R, Archunan G. 2004. Flehmen response in bull: Role of vaginal mucus and their body fluids of bovine with special reference to estrus. *Behavioural Processes* 67: 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2004.02.007>
- Schalken APM. 1976. Three types of pheromones in the domestic rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L). *Chemical Senses* 2: 139-155. <https://doi.org/10.1093/chemse/2.2.139>
- Shelton M. 1960. Influence of the presence of a male goat on the initiation of oestrous cycling and ovulation of Angora does. *Journal of Animal Science* 19: 368-375.
- Shrestha NP, Edwards SA, English PR, Robertson JF. 2001. An evaluation of boar pheromone spray to aid the stimulation and detection of estrus in small farms in Nepal. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 14: 697-700. <https://doi.org/10.5713/ajas.2001.697>
- Signoret JP. 1991. Sexual pheromones in the domes-

- tic sheep: Importance and limits in the regulation of reproductive physiology. *The Journal of Steroid Biochemistry of Molecular Biology* 39: 639-645. [https://doi.org/10.1016/0960-0760\(91\)90263-5](https://doi.org/10.1016/0960-0760(91)90263-5)
- Stefańczyk-Krzymowska S, Krzymowski T, Wasowska B, Jana B, Słomiński J. 2003. Intramuscular injections of male pheromone 5 alpha-androstenol change the secretory ovarian function in gilts during sexual maturation. *Reproductive Biology* 3: 241-257.
- Sugiyama T, Sacada H, Masaki J, Yamashita K. 1981. Unusual fatty acids with specific odor from mature male goat. *Agricultural and Biological Chemistry* 45: 2655-2658. <https://doi.org/10.1080/00021369.1981.10864944>
- Tilbrook AJ. 1987. Physical and behavioural factors affecting the sexual "attractiveness" of the ewe. *Applied Animal Behaviour Science* 17: 109-115. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(87\)90013-X](https://doi.org/10.1016/0168-1591(87)90013-X)
- Tilbrook AJ, Lindsay DR. 1987. Differences in the sexual "attractiveness" of estrus ewes to rams. *Applied Animal Behaviour Science* 17: 129-138. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(87\)90015-3](https://doi.org/10.1016/0168-1591(87)90015-3)
- Tirindelli R, Dibattista M, Pifferi S, Menini A. 2009. From pheromones to behavior. *Physiological Reviews* 89: 921-956. [Doi.org/10.1152/physrev.00037.2008](https://doi.org/10.1152/physrev.00037.2008)
- Ungerfeld R, Silva L. 2005. The presence of normal vaginal flora is necessary for normal sexual attractiveness of estrous ewes. *Applied Animal Behaviour Science* 93: 245-250. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.11.014>
- Ungerfeld R, Ramos MA, Möller R. 2006. Role of the vomeronasal organ on ram's courtship and mating behaviour, and on mate choice among oestrous ewes. *Applied Animal Behaviour Science* 99: 248-252. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.10.016>
- Ungerfeld R, Ramos MA, González-Pensado SP. 2008. Ram effect: Adult rams induce a greater reproductive response in anestrous ewes than yearling rams. *Animal Reproduction Science* 103: 271-277. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.12.013>
- Villar L, Giraudo CG, Cueto MI, Cohen L. 2010. Suplementación energética previa al parto en ovejas merino y su efecto sobre el vínculo madre-cría. *Series. Comunicaciones Técnicas. No. 567. Área Producción Animal. INTA EEA. Bariloche, Argentina.*
- Walker SL, Smith RF, Jones DN, Routly JE, Dobson H. 2008. Chronic stress, hormone profiles and estrus intensity in dairy cattle. *Hormones and Behavior* 53: 493-501. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.12.003>
- Weeks CA, Nicol CJ, Titchener RN. 1995. Effects of the sucking louse (*Linognathus vituli*) on the grooming behavior of housed calves. *The Veterinary Record* 137: 33-35. <https://doi.org/10.1136/vr.137.2.33>
- Wöhr AC, Meier C, Hollwich P, Mertens P, Unshelm J, Erhard M. 2003. Porcine pheromones: A novel method to improve the well-being of fattening pigs during transportation to the slaughterhouse? XIth International Congress in Animal Hygiene. International Society for Animal Hygiene. México.
- Wright IA, Rhind SM, Smith AJ, Whyte TK. 1994. Female-female influences on the duration post-partum anoestrous period in beef cows. *Animal Science* 59: 49-53. <https://doi.org/10.1017/S0003356100007492>
- Wyatt T. 2003. *Pheromones and Animal Behaviour*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- Yamazaki K, Beauchamp GK. 2005. Chemosensory recognition of olfactory individuality. *Chemical Senses* 30: i142-i143. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjh154>
- Zufall F, Leinders-Zufall T. 2007. Mammalian pheromone sensing. *Current Opinion in Neurobiology* 17: 483-489. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2007.07.012>
- Zufall F, Leinders-Zufall T, Puche AC. 2008. Accessory olfactory system. En: Firestein S, Smith DV, editores. *The Senses: A Comprehensive Reference. Volumen 4.* Amsterdam, Elsevier Science. P. 783-814.

Cuadro 1. Cambios conductuales y fisiológicos que provocan las feromonas en animales de granja.

Especie animal y sexo	Campo de conocimiento	Feromona*	Conducta y/o evento	Efecto	Secretada en	Fuente
Macho: Bovino, ovino caprino, equino y búfalo	Reproducción	1-clorooctano 4- metil fenol 9- ácido octadecenoico	Flehmen en el cortejo al interactuar con hembras	Erección del pene y montas	Secreciones vaginales y orina de la hembra en estro	Sankar y Archunan (2004)
Macho: Ungulados	Reproducción	Fenol 3-propil fenol 9-octadecenal	Hembra en: Proestro	Olfateo de la región anogenital y atracción	Orina de la hembra	Rekwot et al. (2001) Rajanarayanan y Archunan (2011)
		1-clorooctano 4-metil fenol 9-ácido octadecenoico	estro	Flehmen, atracción, erección del pene y monta		
		N,N-bis- dodecanamida Ácido tetradecanoico Ácido hexadecanoico	metaestro	Sin interacción entre el macho y la hembra		
		2-octano 5-metil-2- ciclohexanol 2-metil-N-fenil-2- propenamida	diestro	Sin interacción entre el macho y la hembra		
Hembra: Bovino, ovino y caprino	Reproducción		Interacción con machos	"Efecto macho" que estimula la pubertad y la actividad estral en hembras impúberes, así como la ciclicidad ovárica en hembras posparto	Glándulas sudoríparas y sebáceas de la cabeza y orina en macho	Delgadillo et al. (2009)
		3-hexanol fenol trimetil 3,3,5-ciclohexano	Interacción con hembras	"Efecto hembra" que estimula hembras en anestro con el retorno de la ciclicidad de hembras en anestro posparto	Orina, glándulas epiteliales de la vulva y moco cervical de hembras en estro	Writht et al. (1994)

Cuadro 1. Continuación.

Especie animal y sexo	Campo de conocimiento	Feromona*	Conducta y/o evento	Efecto	Secretada en	Fuente
Macho: ovino	Reproducción	Etanol Cloridato de metileno	Interacción con machos	"Efecto macho" que estimula corderos criados con un macho adulto	Glándulas sebáceas orbitales	Rosa y Bryant (2002)
Macho: Porcino	Reproducción	5 α -androstenona 3 α -androstenol	Interacción con hembra provocando el efecto de lordosis (hembra quieta o inmóvil)	Acelera la pubertad y sincroniza el primer estro, acorta el intervalo entre el destete y la gestación y mejora el funcionamiento reproductivo	Glándula parótida que secreta saliva con olor, submaxilar y orina del macho	Dorries et al. (1995)
Macho: Carnero y cabrío	Reproducción	Ácido 4-etil- octanoico Ácido 4-etil-decanoico Ácido 4-etil-tetradecanoico Ácido graso de cadena larga poliinsaturado	Interacción con hembras	Induce ovulación al inicio de la temporada reproductiva	Orina, glándulas sebáceas que secretan cera alrededor de los ojos y de los flancos, lana esquilada y pelo del macho	Okamura y Mori (2005)
Macho: Conejo	Jerarquía social	2-metil-2-enol	Marcaje olfatorio de su territorio	Dominancia social a través de interacciones agresivas	Glándulas anales que secretan feromonas en la orina y heces	Melo y González-Mariscal (2010)
Macho: Conejo	Reproducción	2-metil-2-enol	Marcaje olfatorio con el mentón	Frotamiento del mentón en mayor proporción por machos dominantes	Glándulas sudoríparas submandibulares	Melo y González-Mariscal (2010)
Hembra: Coneja	Reproducción	2-metil-2-enol	Marcaje olfatorio con el mentón	Indicador de hembras en estro y de juveniles como indicador de pubertad	Glándulas sudoríparas submandibulares	Melo y González-Mariscal (2010)

*Algunas feromonas son determinadas mediante espectrofotometría de masa y cromatografía de gas con diclo metano como solvente, otras con petróleo y agua.