



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Actividad electrofisiológica de las raíces dorsales
L₁-S₁ de la rata Wistar por estimulación del glande

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Martín Donnet Oloarte Flores

Codirectores

Dr. Pablo Pacheco Cabrera

Dra. Yolanda Cruz Gómez

Tlaxcala, Tlax.

Agosto, 2022



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Actividad electrofisiológica de las raíces dorsales
L₁-S₁ de la rata Wistar por estimulación del glande

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Martín Donnet Oloarte Flores

Comité tutorial

Dr. Miguel Ángel Lara García

Dra. Margarita Martínez Gómez

Dra. Yolanda Cruz Gómez

Dr. Pablo Pacheco Cabrera

Tlaxcala, Tlax.

Agosto, 2022

La presente tesis se realizó en el Laboratorio de Fisiología, de la Unidad Foránea del Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ubicada en el Instituto de Neurootología, de la Universidad Veracruzana (UV). La presente tesis fue financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), a través de una beca de maestría otorgada a Martín Donnet Oloarte Flores con número de apoyo 77498. Esta tesis es el producto del programa de Maestría en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, cuyo programa se encuentra dentro del Sistema Nacional de Posgrados (CONACyT 2021).



**COORDINACIÓN MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA
P R E S E N T E**

Los abajo firmantes, miembros del jurado evaluador del proyecto de tesis que **Martín Donnet Oloarte Flores** realiza para la obtención del grado de **Maestro en Ciencias Biológicas**, expresamos que, habiendo revisado la versión final del documento de tesis, damos la aprobación para que ésta sea impresa y defendida en el examen correspondiente. El título que llevará es **"Actividad electrofisiológica de las raíces dorsales L1-S1 de la rata Wistar por estimulación del glande"**.

Sin otro particular, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
TLAXCALA, TLAX., 12 DE AGOSTO DEL 2022

DR. DORA LUZ CORONA QUINTANILLA

DRA. YOLANDA CRUZ GÓMEZ

DR. MIGUEL ÁNGEL LARA GARCÍA

DRA. MARGARITA JUÁREZ ROMERO

DR. OCTAVIO SÁNCHEZ GARCÍA

**COMITÉ ACADÉMICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Estimados Miembros del Comité Académico

Sirva este medio para describir el proceso de revisión de la Tesis de Maestría “Actividad electrofisiológica de las raíces dorsales L1-S1 de la rata Wistar por estimulación del glande”, realizada por el estudiante Martín Donnet Oloarte Flores para optar por su grado de Maestro en Ciencias Biológicas.

El documento de la Tesis fue revisado por mí como Directora de Tesis, antes de presentarse en cada examen semestral, y posterior a los exámenes tutorales los miembros de su Comité Tutorial emitieron sus observaciones. De esta forma, la Tesis pasó por un proceso de revisión por varios profesores expertos en el tema. En el mes de Julio de 2022, el documento fue procesado con el programa Turnitin, evidenciando 5% de similitud total. Examinando los detalles de la búsqueda se observó que las similitudes marcadas eran textos de la sección de métodos y tenían la cita correspondiente, por lo que esta similitud no podría ser considerada como plagio. Por lo anterior, confirmo que **el estudiante no incurrió en ninguna práctica no deseable** en la escritura de la tesis.

Sin más por el momento, reciban atentos saludos.

Cordialmente
Tlaxcala, Tlax., a 10 de agosto de 2022



Dra. Yolanda Cruz Gómez
Directora de tesis

Agradecimientos

A la Maestría en Ciencias Biológicas del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta (CTBC) de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx), por la orientación académica bajo el cargo de investigadores de competencia internacional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento del proyecto a través de la beca de posgrado nivel maestría con número de apoyo 774989, que me permitió ser estudiante de tiempo completo.

A los miembros de mi comité tutorial:

Dr. Pablo Pacheco Cabrera: Por su completo apoyo y orientación tanto personal, académico y laboral. Por el tiempo invertido para enseñarme, al igual por supervisarme para mejorar día a día, y por supuesto, muchas gracias por su amistad.

Dra. Yolanda Cruz Gómez: Por abrirme las puertas de su laboratorio, enseñarme, aconsejarme y guiarme. Por prepararme y darme la confianza de presentar en eventos de divulgación y difusión científica y por supuesto, muchas gracias por su amistad.

Dra. Margarita Martínez Gómez: Le agradezco infinitamente su orientación durante cada tutorial, sus aportaciones sobre lo que debía considerar para mejorar el proyecto y pueda algún día llevarlo a publicación. Muchas gracias por colaborar en mi formación en el ámbito de la investigación, y por supuesto, muchas gracias por su amistad.

Dr. Miguel Ángel Lara García: Muchas gracias por su orientación tanto académica como personal, gracias por los regañones cuando eran necesarios y por la empatía que venían acompañados de un -yo también pasé por ahí- que me daban la inspiración de seguir, y por supuesto, muchas gracias por su amistad.

Dr. Omar Daniel Lara García: Quien a pesar de no formar parte de mi comité tutor, merece una mención especial por todo lo enseñado, tanto teórico como práctico. Gracias por estar al pendiente del avance del proyecto y por ser parte de mi orientación durante toda la maestría, y por supuesto, muchas gracias por su amistad.

Gracias a Dios. Quien me llena de fuerza cuando pienso ya no tenerla, gracias por llenarme de bendiciones.

A mis padres: Les agradezco con todo el corazón por creer en mí por enésima vez. **Gracias mamá** porque me has dado las herramientas desde la primaria, que a pesar de que piensas que ya no hay más que me puedas enseñar, yo sigo aprendiendo demasiado de ti. Gracias por tenerme tanta paciencia y fé, gracias por hacer de mí lo que soy. **Gracias papá** por haber dado todo por mi preparación académica, que a pesar de que ya no estas, tu fuiste pilar de mi formación, tú me enseñaste a no rendirme y luchar por lograr mis metas.

A mis hermanos: Quienes estuvieron dándome ánimos durante todo momento, apoyándome personalmente y dándome sus consejos. Gracias Jesús Antonio Oloarte Flores, Daniel Oloarte Flores e Isabella Oloarte Rodríguez, resaltando a mi hermanita que hago de ella una inspiración para tratar de ser un ejemplo para ella.

A mi familia: Gracias a toda mi familia tanto Oloarte como Flores, gracias por ser un ejemplo para seguir, por apoyarme cuando lo he necesitado. Principalmente gracias abuelita **Margarita Galindo Sánchez**, que a sus 85 años nos cuida a toda su familia, nos das de comer e incluso nos invita algún antojo, eres un gran legado para mí, eres fortaleza pura. También hago mención de mis sobrinos, quienes han sido fuente de inspiración en todo momento, los amo mucho Cesar Platas, Alejandro Platas, Nimbe Castañeda, Camila Mercado, Noa García, Luciana Oloarte y Leonardo Oloarte.

A mis amigos: Gracias por darme los ánimos por cada paso que doy, pasos que sin importar el tamaño, ahí están para ayudarme a seguir adelante, Gracias por ser mi segunda familia, que sin importar que les diga compañer@, amig@, joven, señorita, etc. yo los considero mi segunda familia. Gracias Karen Abryl Cerón Vázquez, Beatriz Molina, Isabel Cuapio, Ivónne Bravo, Karina de los Santos, Rafael Copto, Luís Hernandez y Farid Sánchez.

Resumen

La información sensorial viaja desde los receptores sensoriales a través de las raíces dorsales espinales hacia el sistema nervioso central, donde se transmite la información con interneuronas o directamente a vías eferentes para dar respuesta al estímulo. Durante la conducta de apareamiento del macho la información aferente se relaciona principalmente con información que emerge del pene, el cual está inervado por el nervio dorsal del pene (NDP), que es una rama del nervio pudendo con origen en las raíces dorsales espinales L₆ y S₁. Sin embargo, el nervio pudendo cuenta con una rama anastomótica que conecta con el tronco lumbosacro, el cual se forma de los nervios espinales L₃ a L₆. Por otro lado, el NDP forma un plexo con el ganglio pélvico mayor (GPM), el cual también se comunica con las raíces dorsales L₁ y L₂. Por lo tanto, es importante saber cómo los receptores sensoriales del glande participan enviando la información sensorial hacia el sistema nervioso central. El objetivo del presente trabajo fue Determinar las características de la actividad electrofisiológica de las raíces dorsales de los segmentos L₁-S₁ por la estimulación sensorial. Para ello, se utilizaron ratas adultas macho de la cepa Wistar con un peso corporal entre 270-350 gr. Se realizó una laminectomía para descubrir las raíces dorsales, desde L₁ a S₁. Se identificaron y aislaron para su registro individual durante la estimulación mecánica (cepillado, presión y tracción) y/o térmica (inmersión en agua a 40°, 26° o 4° C) del glande. La estimulación de cepillado evocó actividad eléctrica en todas las raíces dorsales, excepto en la raíz L₅. La tracción y la presión del glande indujo actividad eléctrica en todas las raíces (L₁ a S₁). La estimulación del glande por inmersión en agua a 26° C no produjo actividad en ninguna de las raíces registradas, en cambio el agua a 4° C evocó actividad en todas las raíces dorsales excepto en L₅. El agua a 40° C provocó actividad eléctrica en las raíces dorsales L₁, L₃, L₄, L₆ y S₁, no así en los segmentos L₂ y L₅. La actividad eléctrica desde L₁ a S₁ estuvo acompañada de respuestas fásicas y tónicas *on*, fásicas *off* y ocasionalmente tónicas *off*. Se concluye que las vías nerviosas activadas en diferentes segmentos espinales dependen del tipo de información sensorial que recibe el glande, desde L₁ a S₁. El hecho de que los circuitos se activen con estimulación mecánica y térmica sugiere la presencia de receptores corpusculares genitales, Pacini, Meissner, Krause, Ruffini, Merkel y terminaciones nerviosas libres en el glande de la rata macho.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	11
JUSTIFICACIÓN	17
HIPÓTESIS	18
OBJETIVOS	19
Objetivo general	19
Objetivos particulares	19
MATERIALES Y MÉTODOS	20
Animales	20
Laminectomía	20
Registro electrofisiológico	22
Estimulación	23
RESULTADOS	24
DISCUSIÓN	31
CONCLUSIÓN	37
PERSPECTIVAS	38
REFERENCIAS	39
PUBLICACIONES	46

INTRODUCCIÓN

El glande es un elemento del pene. Este se puede definir anatómicamente como el ensanchamiento distal del cuerpo esponjoso, el cual se encuentra cubierto por el prepucio (Tortora y Derrickson 2006). En la rata, cuando el glande se encuentra flácido la porción apical es de color rosa, que se desvanece hacia la parte media hasta llegar a su base, la cual presenta un color azul oscuro. Tiene una longitud entre 7.5-10 mm y un diámetro de 3-4 mm, este diámetro es significativamente mayor comparado con el cuerpo del pene, el cual presenta un diámetro de 2.8 mm.

El glande es una estructura rígida, que presenta tejido cartilaginoso (*os* del glande, Fig. 1A) proveniente de la prolongación del *os* del pene, el cual abarca aproximadamente el 66% del largo del glande, previéndole una orientación recta (Hebel y Stromberg 1976).

El *os* del glande se ubica sobre la uretra. Tanto el *os* como la uretra están protegidos por el cuerpo cavernoso y una túnica de tejido fibroso. La superficie del glande tiene una apariencia dentada por la presencia de “espinas” (Fig. 1B) que en el estado no erecto presentan una altura aproximada de 0.2mm. El glande está cubierto por la capa visceral del prepucio y las espinas se encuentran paralelas sobre la capa visceral y se erizan cuando el glande se llena de sangre (Hebel y Stromberg 1976; Sachs y cols. 1984).

Las espinas del glande son estructuras desarrolladas por células epiteliales cuboidales que forman a los folículos penianos; también llamados papilas, se desarrollan en los primeros 21 días de vida y la protrusión ocurre a los 42 días. Se ha sugerido que estas espinas tienen relación directa con el apareamiento, contribuyendo a la estimulación de la vagina y a la liberación de prolactina, relacionando el número de intromisiones con la probabilidad de gestación de la rata (Phoenix y cols. 1976; O`Hanlon y Sachs 1986).

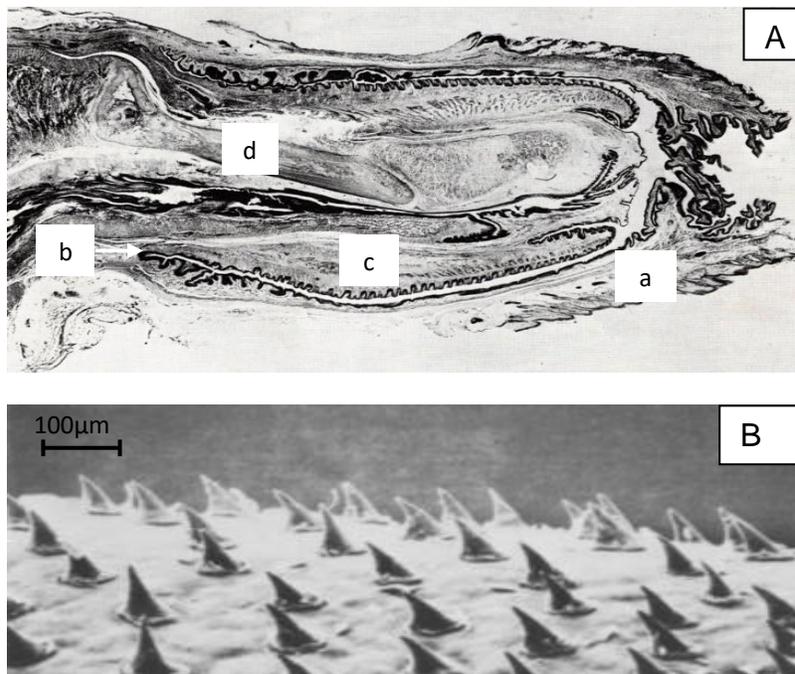


Figura 1. A) Corte longitudinal del glande de la rata. El prepucio cubre el glande (a). El fondo del prepucio (b) es la separación entre el glande y el prepucio. Las estructuras que le dan rigidez y forma al glande son los cuerpos cavernosos (c) y el *os* del glande (d). B: Micrografía electrónica de la superficie del glande de rata, donde se puede observar las espinas del glande erecto (modificado de Hebel y Strongberg 1976; Sachs y cols. 1984).

Con respecto a su ubicación, las espinas se encuentran principalmente en el dorso del tercer tercio del glande y están constituidas de queratina (Arteaga y cols. 2013) (Fig. 2). Con respecto a su función, se ha propuesto que facilitan el mecanismo sensorial que retroalimenta la conducta de cópula, ya que adyacentemente a las espinas del glande se encuentran receptores sensoriales corpusculares, los cuales, cabe mencionar no ingresan en las espinas del glande, (Fig. 2B y C) (Bermant 1965; Shiino y cols. 2014).

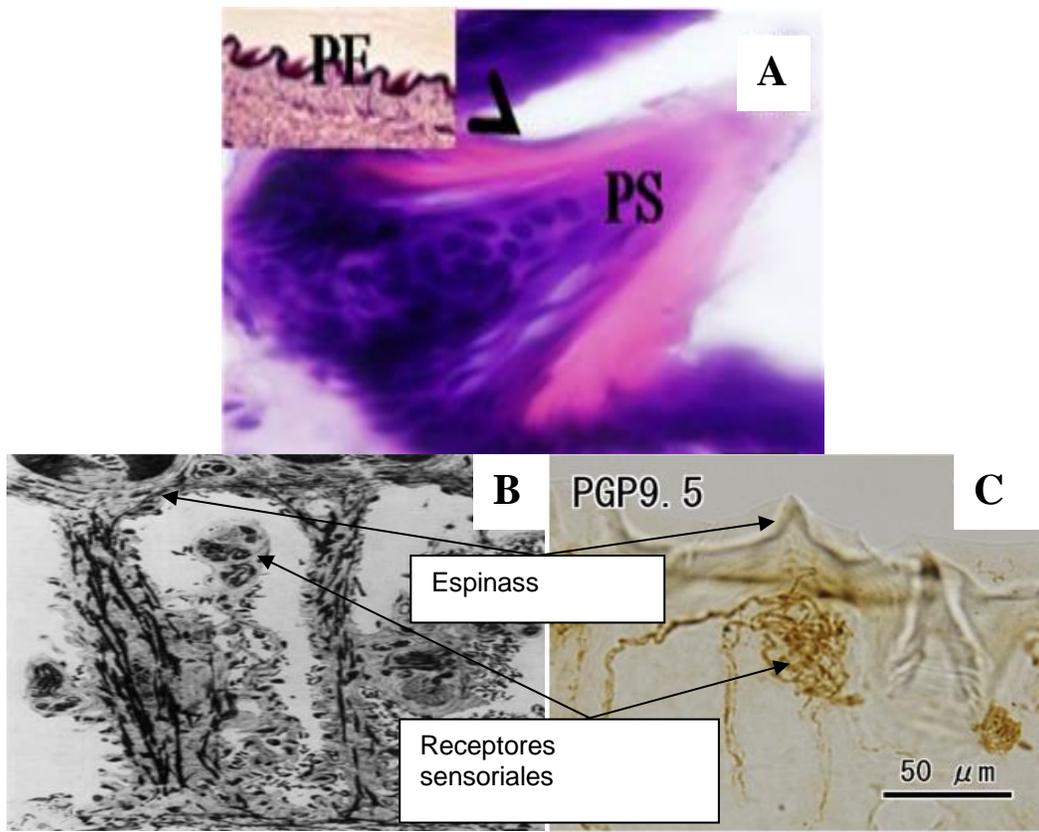


Figura 2. A) Sección longitudinal teñido con hematoxilina-eosina, PE: epitelio del pene, PS: Espinas del pene. B) Micrografía de luz del tercer medio del glande (x200). C) Sección longitudinal con un marcador neuronal inmunológico (PGP9.5) que contrasta los receptores sensoriales corpusculares (modificado de Johnson y Halata 1991; Arteaga y cols. 2013; Shiino y cols. 2014)

O'Hanlon y Sachs (1986) propusieron que las espinas son una ventaja evolutiva, que además de sus funciones facilitando el mecanismo sensorial, las espinas en el meato urinario (Fig. 3A) y el reflejo peneano *cup* (ensanchamiento del glande y meato urinario) (Fig. 3B) remueven el tapón seminal (*plug*) del tracto vaginal que depositó otro macho. La remoción del *plug* intravaginal interrumpe la migración transcervical de los espermatozoides, (Matthews y Adler 1977).

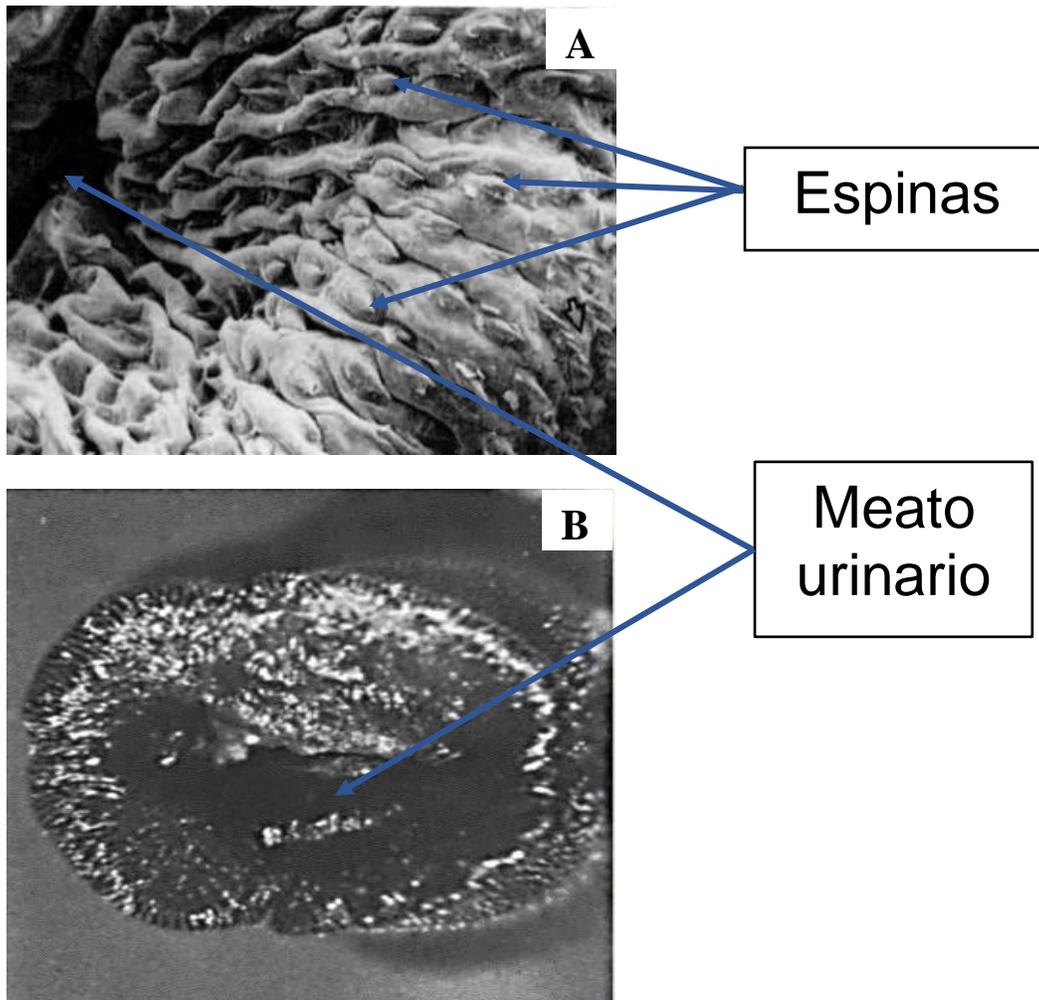


Figura 3. A) Fotomicrografía en microscopio electrónico de barrido del cuadrante dorsolateral del meato urinario de una rata durante el *cup* del glande; B), muestra el glande de una rata realizando un *cup*, visto desde un microscopio de disección, en la cual se puede observar mayor número de espinas en el segmento dorsal comparado con el ventral. Las espinas de la imagen de la derecha no se señalan, son las estructuras contrastadas de blanco. (modificado de O'Hanlon y Sachs 1986).

El sistema sensorial del glande participa durante la conducta de cópula, proceso que se puede dividir en tres parámetros: monta, intromisión y eyaculación (Sachs y Barfield 1976; Coria y cols. 2015).

La monta (Fig. 4A) es una acción que retroalimenta la motivación sexual que desencadena el reflejo de la erección peneana. Durante la monta, el macho realiza movimientos pélvicos ligeros, conocidos en inglés como *thrusting*, los cuales funcionan como una

exploración táctil que realiza el macho con el glande, adicionalmente funge como estimulación a la hembra para la apertura del canal vaginal (Bermant 1965; Hull y Dominguez 2007).

La intromisión es el segundo parámetro de cópula (Fig. 4B) y depende de la erección peneana. Para realizar la intromisión, el macho efectúa movimientos pélvicos ligeros seguidos de un *thrusting* profundo; si la hembra ya había copulado y presenta un tapón seminal en el canal vaginal, durante la intromisión se retirará el producto seminal de la cópula anterior (Bermant 1965; Matthews y Adler 1977). Después de cada intromisión el macho se acicala el glande (Fig. 5A), lo que desentume al pene y permite que el glande ingrese al prepucio (Hart y Haugen 1971; Hull y Dominguez 2007).

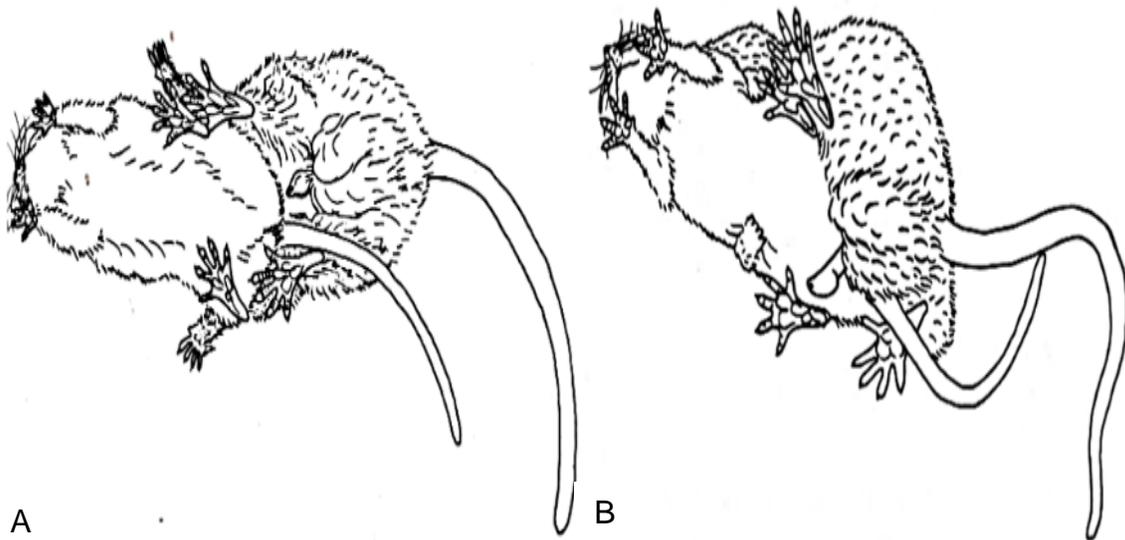


Figura 4. Patrones de cópula de la rata macho vistos de forma ventral y exvaginal para visualizar los patrones del glande afuera del canal vaginal. A) Monta, B) Intromisión (imágenes tomadas de Sachs y Barfield 1976)

Durante las montas e intromisiones, la información sensorial percibida por el glande permite mantener la motivación sexual en el macho (Lodder y Zeilmaker 1976; Hull y Dominguez 2007). Los dos patrones, monta e intromisión, ocurren de forma intermitente y alternada.

La intromisión activa receptores cuya información viaja por el NP para mantener la motivación sexual, prolongando el patrón de monta e intromisión cíclicamente hasta desencadenar el patrón de eyaculación (tercer parámetro de la cópula), culminando así la cópula (Hebel y Stromberg 1986; Martínez-Gómez 1991; Sachs y Liu 1992) (Fig. 5B).

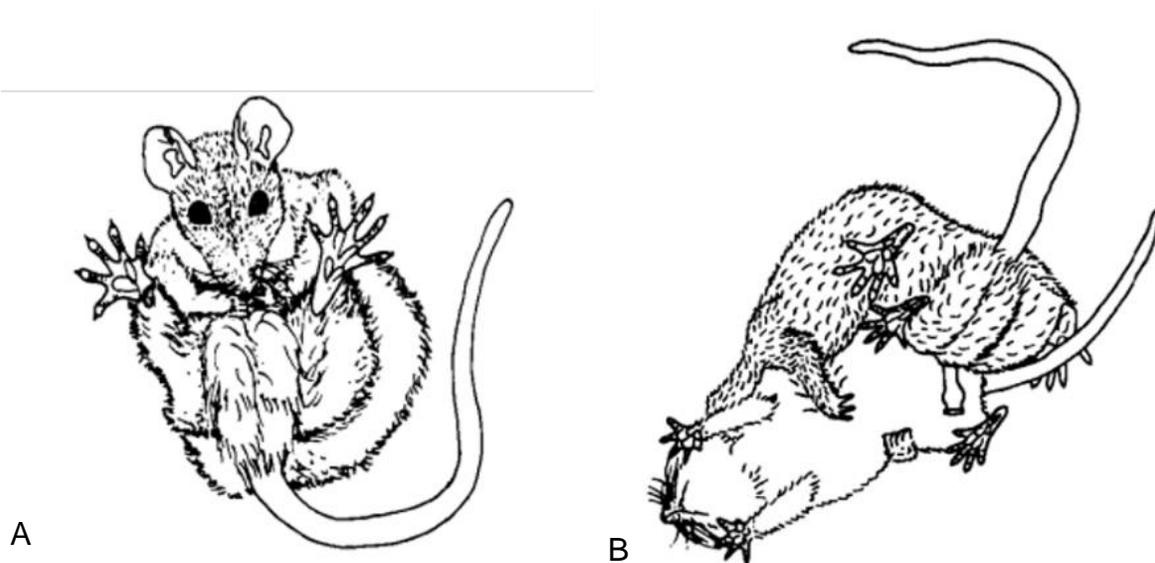


Figura 5. Patrones de cópula de la rata macho vistos de forma ventral y extravaginal para visualizar los patrones del glande a fuera del canal vaginal A) autolamido genital del macho, B) Eyaculación (imágenes tomadas de Sachs y Barfield 1976)

El eyaculado se compone de espermatozoides y fluidos liberados por las glándulas sexuales accesorias (vesículas seminales, próstata y glándulas coagulantes). Los fluidos se almacenan durante los patrones de monta e intromisión en el utrículo y/o en la luz de la uretra prostática y membranosa, limitada por el divertículo uretral (Fig. 6A) (Martínez 2003).

Durante la eyaculación aparece el reflejo peneano que distiende el glande en forma de copa (*cup*), permitiendo la expulsión del tapón seminal (Fig. 6B) (Sachs y Pollak 1973; Martínez 2003). La expulsión del semen requiere también de la contracción de los músculos

bulboesponjosos ventrales (proximal y distal) y de la uretra, los cuales empujan el producto que presenta un diámetro mayor al de la uretra peneana (Fig. 6B). También participa el reflejo de *cup* (Sachs 1982; Hart y Melese-D'Hospital 1983; Holmes y cols. 1991; Martínez 2003).

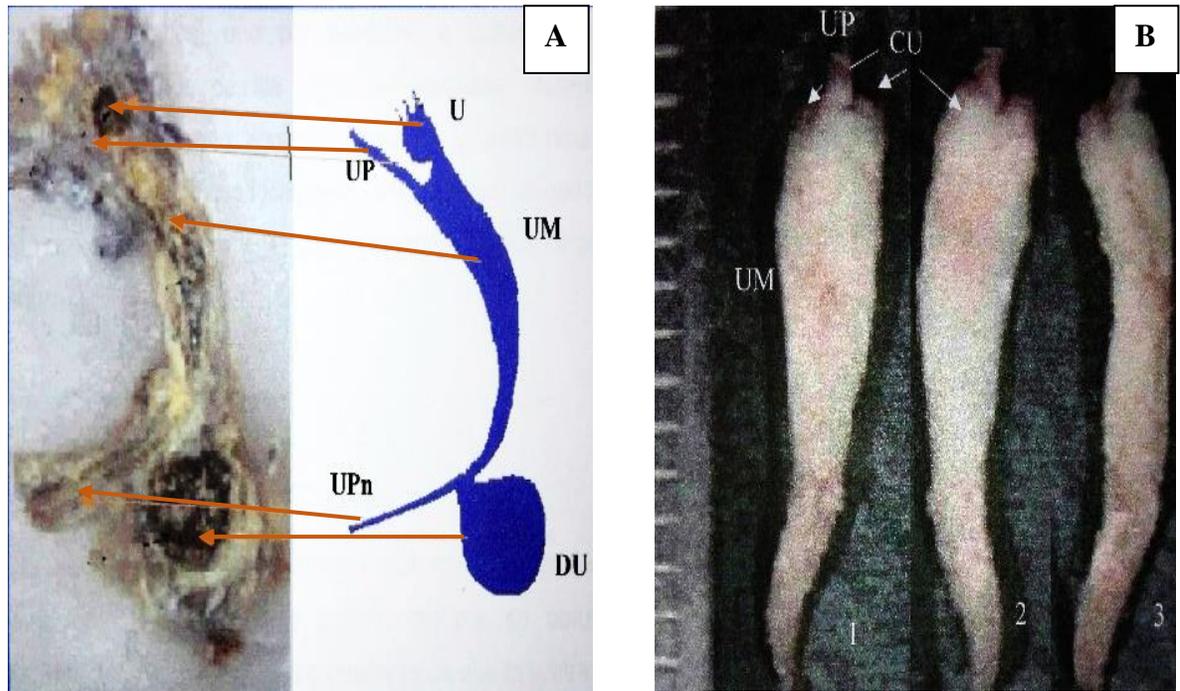


Figura 6. A) Fotografía del corte sagital de la uretra del macho con esquema que muestra la distribución de la uretra UP: uretra prostática, UM: uretra membranosa, U: utrículo, Du: divertículo uretral y Upn: uretra peneana. B) producto seminal (tapón seminal) no expulsado, el cual se solidificó dentro de la uretra membranosa, tomando su forma (Martínez 2003).

La información sensorial que regula la cópula en el macho proviene de los sentidos de olfato, audición, tacto, visión y gusto. La información se integra en el cerebro, activando circuitos nerviosos relacionados con reflejos del área pélvica (Fig. 7) que involucran a los nervios cavernoso, pélvico, hipogástrico y pudendo (Hebel y Stromberg 1986; Lucio y cols. 1994; Sachs y cols. 1994).

Durante la monta, las motoneuronas relacionadas con los músculos extensores y flexores de las patas son activadas, mientras que a nivel del tallo cerebral y por vías autonómicas se inhibe la inhibición de la erección peneana (Fig. 7). El glande es protruido durante la erección peneana y ello permite la exploración del área perigenital de la rata hembra. La estimulación

táctil activa receptores sensoriales del pene y de piel perigenital, las fibras de las neuronas viajan por los nervios pudendo, genitofemoral, escrotales y pélvico y la integración de la información retroalimenta la motivación sexual (Sachs y Liu 1992; Hull y cols. 2002) (Fig. 7).

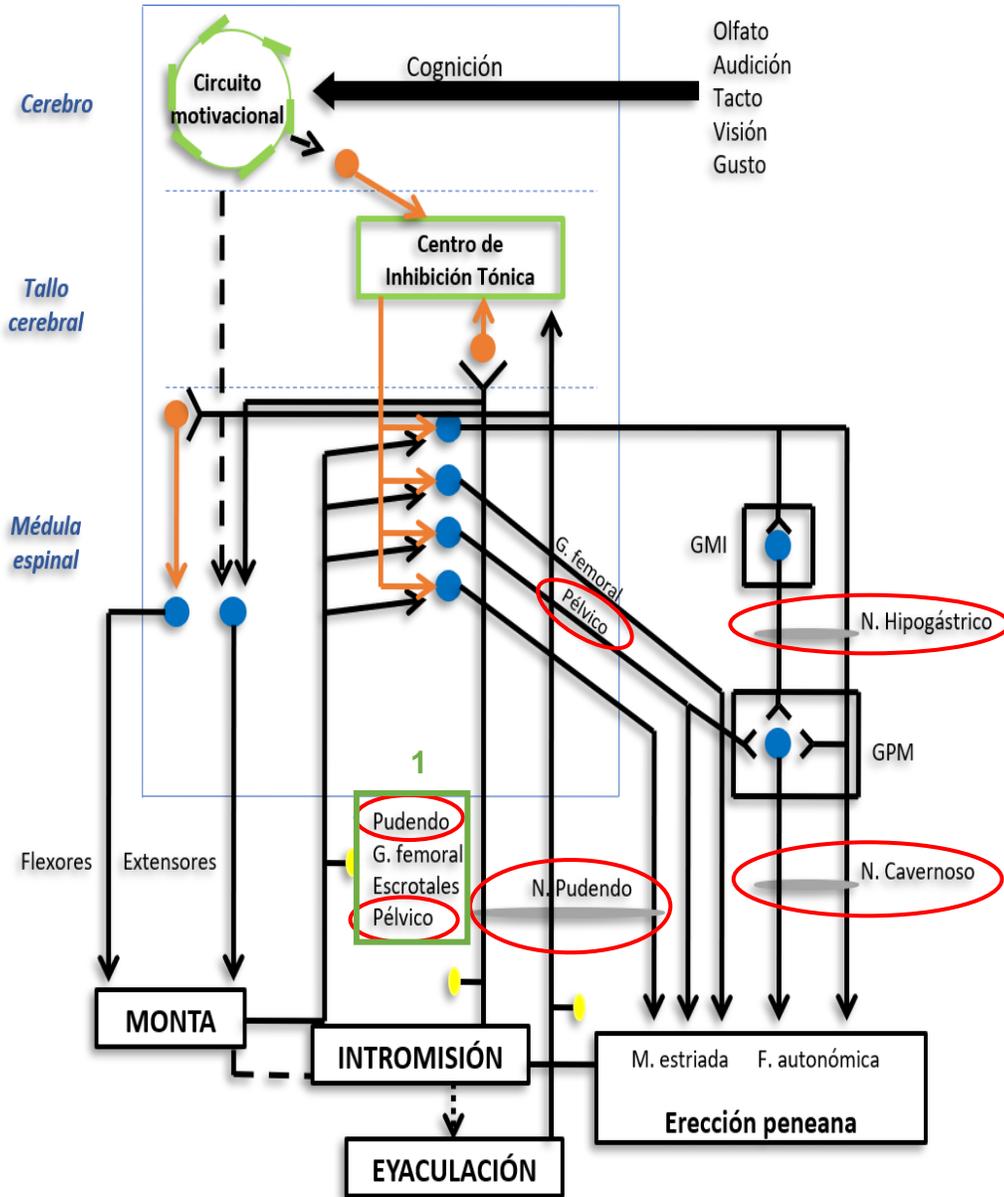


Figura 7. Esquema de las vías somáticas y autonómicas implicadas en la conducta copulatoria de la rata macho. Las flechas naranjas son vías inhibitorias y las negras son activadoras, los botones amarillos son células sensoriales y los azules eefectores. El patrón copulatorio inicia por la estimulación sensorial (olfativo, auditivo, tacto, visión y gusto) que desencadena la actividad de monta, la cual retroalimentará la información sensorial de cópula y permitirá la erección peneana necesaria para la intromisión. La intromisión dará información sensorial que desencadenará el patrón de eyaculación, con lo cual se da por terminada la conducta de apareamiento (Modificado de Hull y cols. 2002).

La inervación del glande está relacionada con las raíces dorsales L₆ y S₁ (McKenna y Nadelhaft 1986), raíces que en la periferia se unen y forman el tronco L₆-S₁. De este tronco emerge el NP y una de estas derivaciones es la rama anastomótica. Del nervio pudendo emerge el nervio dorsal del pene (NDP). Cabe resaltar que a la altura de la base del pene al NDP se unen fibras axónicas provenientes del ganglio pélvico mayor (Fig. 8) (Pastelín y cols. 2008).

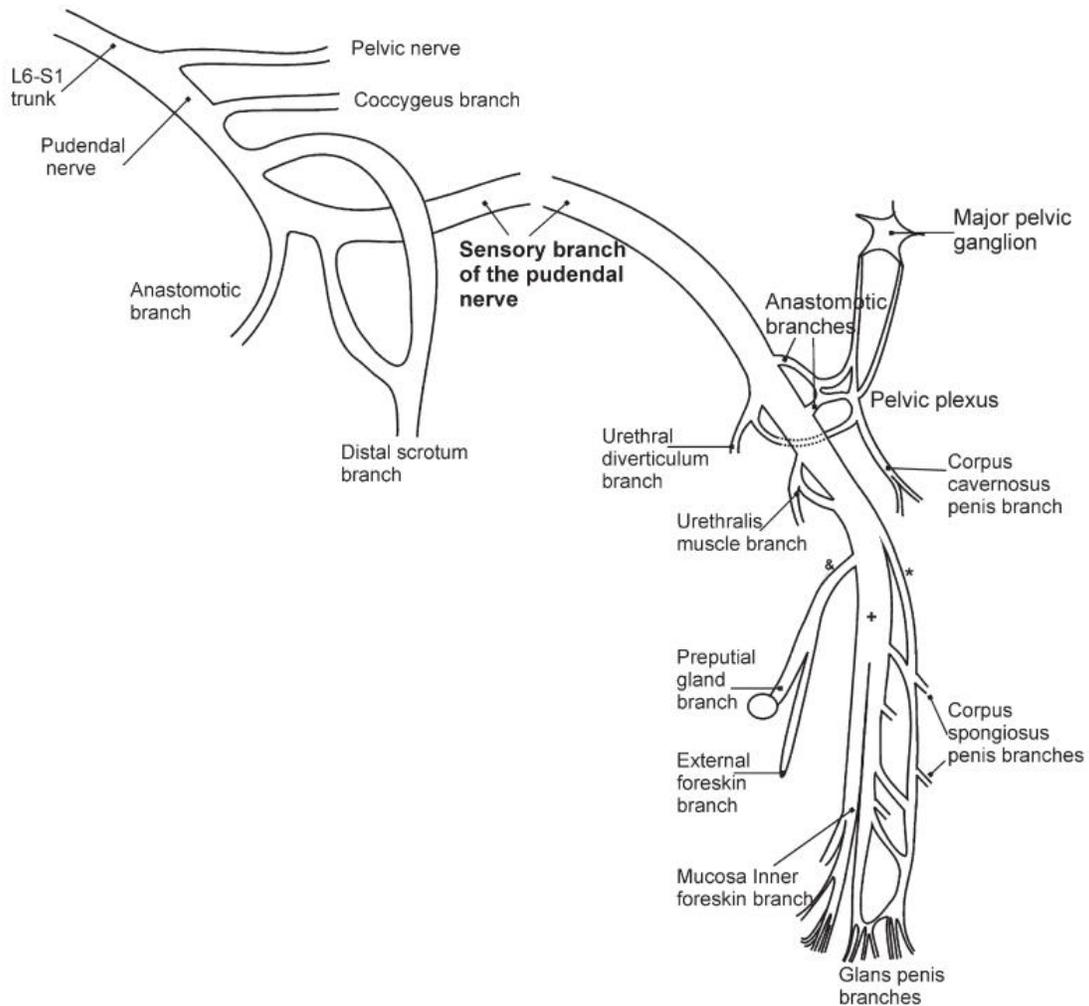


Figura 8. Esquema de la inervación sensorial del glande al tronco L₆-S₁ (Pastelín y cols 2008).

ANTECEDENTES

La actividad sensorial del glande depende de sus receptores sensoriales, los cuales son estructuras especializadas con la capacidad de transducir un estímulo mecánico, térmico, químico, etc. a un impulso eléctrico en una vía aferente. Los receptores sensoriales del glande de la rata descritos a la fecha (Fig. 9) son: terminaciones libres, células de Meissner, receptores corpusculares de Ruffini y corpúsculos de Paccini (Halata y Munger 1986; Johnson y Halata 1991). Los receptores sensoriales en el glande de la rata son similares a los encontrados en la histología del glande humano, en el cual, también se encontraron corpúsculos de Krause (Huaraz y cols. 1999).

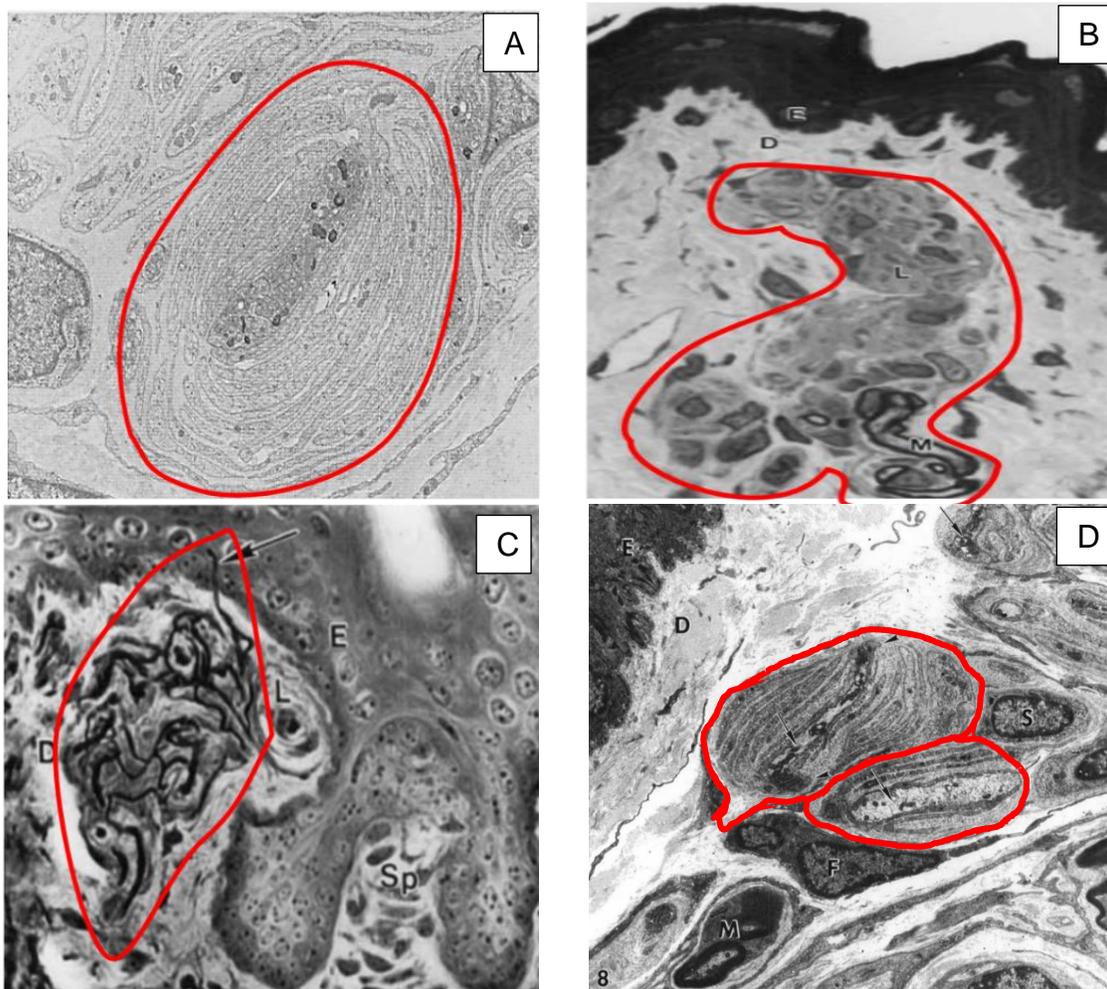


Figura 9. Fotografía de corte histológico del glande de la rata en microscopio de luz. En diferentes regiones se localizan los receptores sensoriales. A) corpúsculo de Paccini, B) corpúsculo de Ruffini, C) terminaciones libres, D) corpúsculo laminado (Halata y Munger 1986; Johnson y Halata 1991).

La información sensorial mecánica del glande está relacionada con las ramas media y medial del NDP (Pastelin y cols. 2008). El estudio electrofisiológico del NDP muestra que la estimulación mecánica y/o térmica del glande evoca actividad eléctrica que se relaciona con dos grupos de células nerviosas; de adaptación rápida (AR) o células de adaptación lenta (AL) (Cottrell y cols. 1978; Kitchel y cols. 1982; Johnson y Kitchell 1987).

La disección de 61 fibras del NDP de rata muestra que la proporción de células de AR comparadas con las de AL es favorable para la primera, con una proporción de 36:25 (Kitchel y cols. 1982).

En la base del pene se ubica el ganglio pélvico menor, formado por la anastomosis del NDP con tres ramas provenientes del ganglio pélvico mayor, el cual está innervado principalmente por los nervios hipogástrico y pélvico. Por estos nervios viaja información autonómica y sensorial (Purinton y cols. 1973; Lucio y cols. 1991; Cruz y cols. 2009) (Fig. 10).

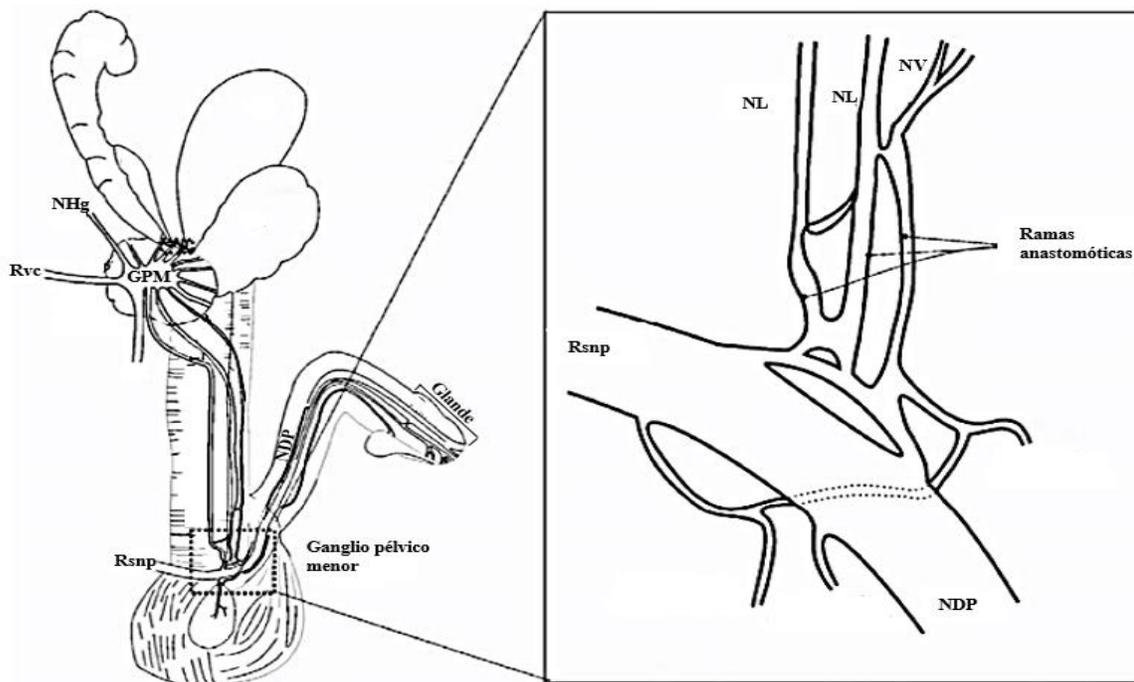


Figura 10. Esquema del ganglio pélvico menor, formado por la anastomosis de la rama sensorial del nervio pudendo (Rsn) con dos ramas provenientes del ganglio pélvico mayor (GPM), las laterales (NL) y una ventral (NV). La rama viscerocutánea del nervio pélvico (Rvc) y el nervio hipogástrico comunican con el GPM (Pastelín y cols. 2011).

El NDP, también nombrado rama sensorial del nervio pudendo (McKenna y Nadelhaft 1986; Núñez y cols. 1986), emerge del tronco L₆-S₁ por lo que tiene relación directa con las células sensoriales ubicadas en los ganglios espinales dorsales de los segmentos L₆ y S₁ (Pacheco y cols. 1997).

El Nervio pudendo (NP) es un nervio mixto ya que se compone de fibras aferentes y eferentes, tanto somáticos como autonómicos y tiene una interacción con el tronco lumbosacro a través de sus ramas anastomóticas, las cuales conforman el plexo sacro (Hulsebosch y Coggeshall 1982; McKenna y Nadelhaft 1986; Núñez y cols. 1986; Galindo y cols. 1997; Pastelin y cols. 2008; Pastelin 2012) (Fig. 11).

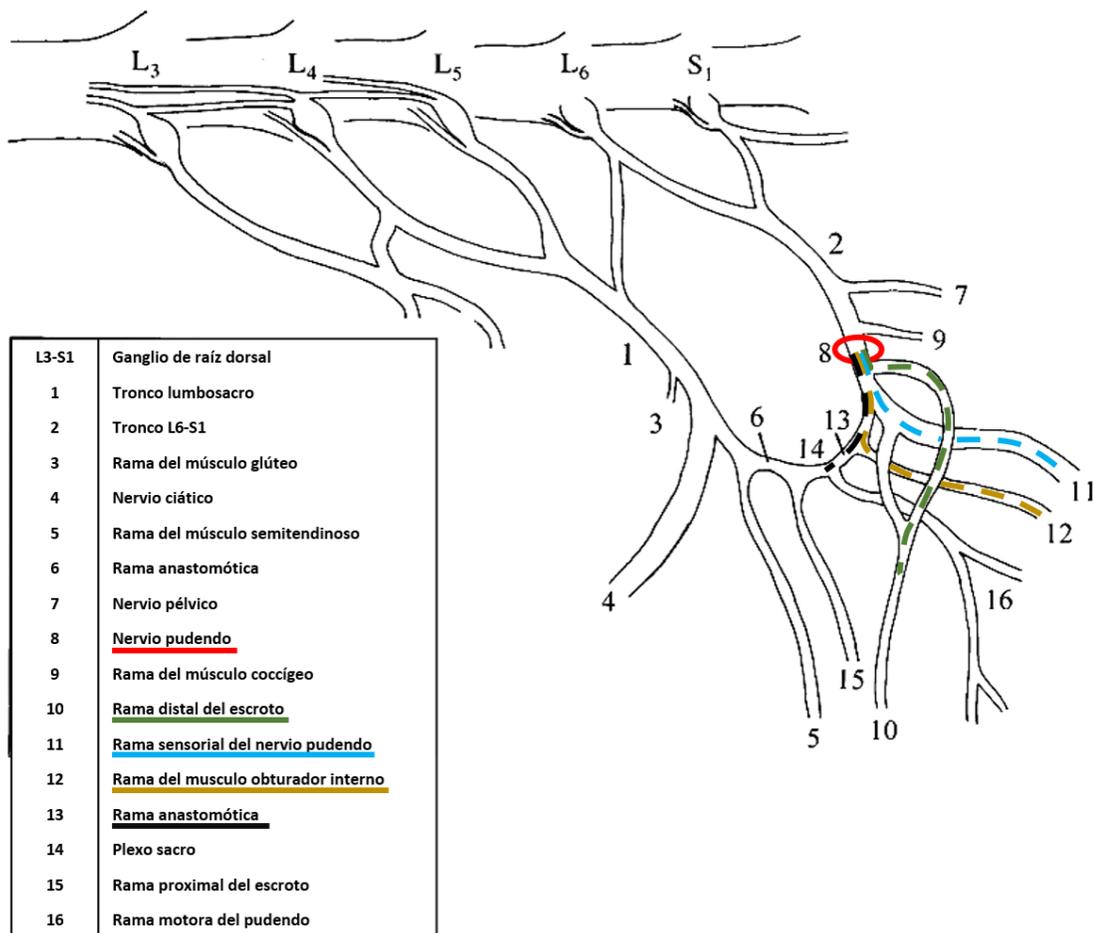


Figura 11. Esquema de la organización del nervio pudendo, el cual es una de las ramas del tronco L₆-S₁ que a su vez se forma de los nervios espinales lumbar 6 y sacra 1. El nervio pudendo se ramifica en la rama distal del escroto, sensorial, músculo obturador interno y anastomótica. La rama anastomótica del nervio pudendo se une a una rama del tronco lumbosacro, la cual se forma por los nervios espinales L₃, L₄, L₅ y L₆ (modificado de Pacheco y cols. 1997).

Durante la cópula, la información sensorial del glande le da la capacidad de orientación espacial al pene para dirigirlo hacia el canal vaginal, así como también es responsable de desencadenar los movimientos reflejos de *flips* y *cups* (Fig. 12), acciones necesarias para la liberación de los fluidos sexuales masculinos conocidos en conjunto como eyaculado (Beach 1942; Bermant 1965; Sachs y Pollak 1973).

Los *flips* son movimientos rápidos de flexión que se originan en la curvatura del glande y los *cups* consisten en el ensanchamiento del meato urinario y de las estructuras que lo subyacen como las prolongaciones de los cuerpos cavernosos (Sachs y cols. 1984).

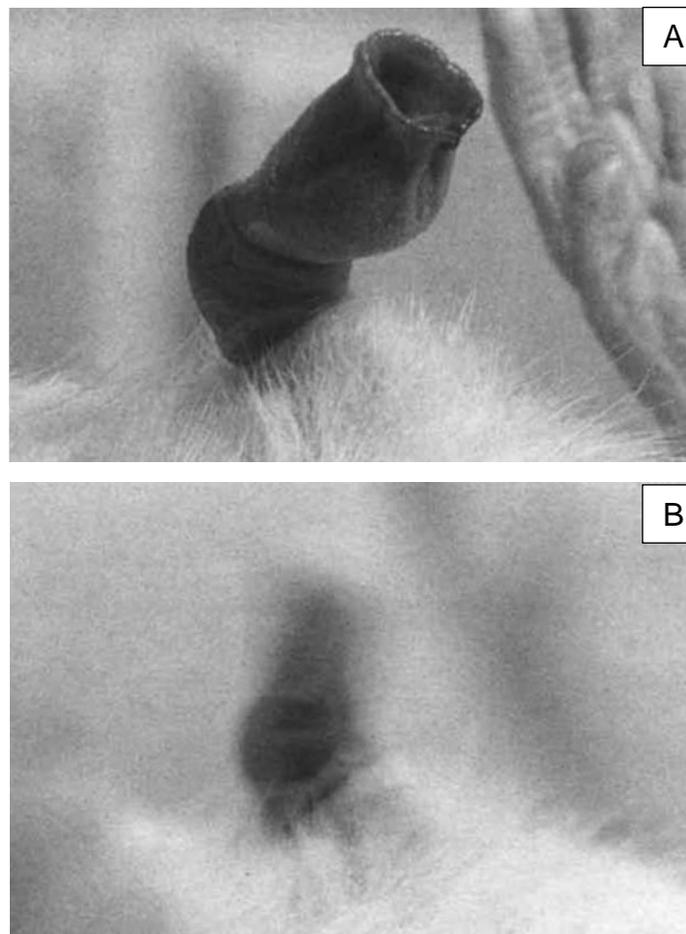


Figura 12. Fotografía del glande protruido de la rata. A) Movimiento reflejo de anteroflexiones rápidas denominados *flips*. B) Reflejo *cup*, caracterizado por el ensanchamiento máximo del glande, provocando distensión en el meato urinario (modificado de Leipheimer y Sachs 1987).

Si el glande es desensibilizado con un fármaco como la lidocaína al 5%, el macho puede presentar patrones de intromisión fuera de la vagina, pero los patrones de eyaculación se presentarán dentro del canal vaginal, mismo efecto que se puede observar al seccionar el NDP (Carlsson y Larsson 1964; Adler y Bermant 1966; Sachs y Barfield 1970; Larsson y Sodersten 1973; Pollak y Sachs 1976). Sin embargo, al cortar el nervio pudiendo se bloquean las aferencias del patrón de intromisión, evitando la cópula por completo (Lodder y Zeilmaker 1976).

La desensibilización del glande es una técnica que no solo se utiliza en estudios experimentales con animales sino que también ha sido utilizado en el área clínica como tratamiento del síndrome de eyaculación precoz, una de las disfunciones más comunes en el hombre. Sin embargo, al no tener el efecto esperado se ha sugerido la denervación parcial del NDP.

Los procedimientos realizados para interrumpir la información sensorial del glande son denervación selectiva de ramas del NDP (Alyaeu y Akhvlediani 2016), crioblación del NDP (Prólogo y cols. 2013) o ligadura del NDP (Genov y Cols. 2019) (Fig. 13B). Los dos primeros procedimientos son irreversibles y el último es una solución temporal (6-8 meses). El tratamiento de denervación es sustentado por el trabajo de Yang y Bradley (1999) en el cual a través de estudios electrofisiológicos demostraron que el NDP inerva el glande, estructura considerada sensorial debido a la gran cantidad de estructuras nerviosas que posee (Fig. 13).

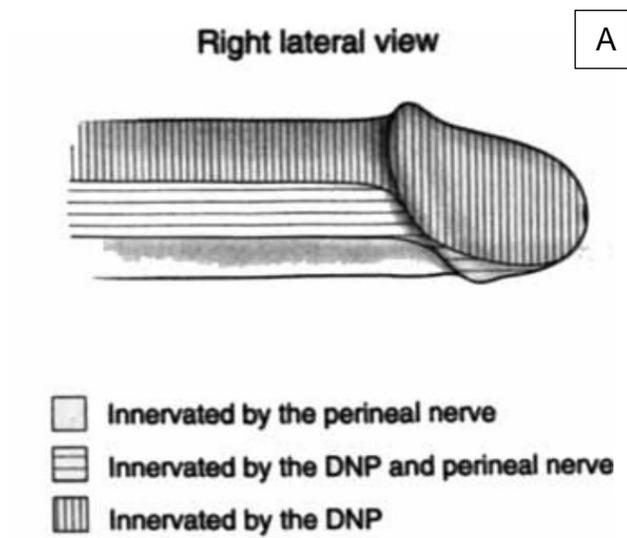


Figura 13. A) Inervación del pene. B) Denervación del glande de humano, por el método de ligadura del nervio dorsal del pene.

JUSTIFICACIÓN

Cuando se hace alusión a la conducta sexual masculina se hace referencia como principal órgano sexual al pene, pero es necesario considerar que éste se compone del cuerpo del pene y el glande. Poco interés ha habido en conocer la participación del glande en la conducta reproductiva.

La información sensorial del glande viaja por la rama intermedia y medial del NDP (rama del nervio pudendo), por lo que típicamente se relaciona con las raíces dorsales L₆ y S₁, sin embargo, se sabe que el nervio pudendo tiene una rama que se une al tronco lumbosacro, formado por los nervios espinales L₃, L₄, L₅ y L₆. Por otro lado, el NDP se anastomosa con el GPM. Ganglio que, a través del nervio hipogástrico podría enviar información al sistema nervioso central por las raíces dorsales L₁ y L₂. Así pues, parece que la información sensorial del glande pudiera ingresar por varias raíces espinales, aunque el tipo o característica de esta actividad se desconocen. Por lo que, en el presente trabajo se explorará la actividad de las raíces espinales desde L₁ a S₁ inducida por estimulación mecánica o térmica del glande bajo la siguiente hipótesis.

HIPÓTESIS

La estimulación sensorial del glande producirá actividad eléctrica en varias raíces dorsales, desde L₁ a S₁.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar la actividad electrofisiológica de las raíces dorsales de los segmentos espinales L₁-S₁ inducida por la estimulación sensorial del glande.

Objetivos particulares

- Registrar la actividad electrofisiológica de las raíces dorsales L₁ a S₁ inducida por estimulación mecánica de cepillado, presión o tracción del glande.
- Registrar la actividad electrofisiológica de las raíces dorsales L₁ a S₁ inducida por estimulación térmica utilizando agua fría (4°C), tibia (26°C) y caliente (40°C) en el glande.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales

Se utilizaron ratas macho adultas de la cepa Wistar de 300-350 g (peso corporal), las cuales se alojaron en grupos de 4 en cajas de acrílico de 54.5x44x21.5 cm de dimensión. Los grupos se mantuvieron en el bioterio del Instituto de Neuroetología con un ciclo de luz y oscuridad de 12:12h, con una temperatura controlada aproximada a 21 °C, con acceso a agua y alimento *ad libitum*. Durante la conducción de este estudio los animales fueron tratados de acuerdo a las políticas sobre el uso de animales en investigaciones de Neurociencias recomendado por la Society for Neuroscience (Garber y cols. 2011) y el comité interno para el cuidado y uso de los animales de laboratorio, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México (Hudson y cols. 2007).

Laminectomía

Los sujetos experimentales fueron anestesiaron con uretano (1.2 mg/Kg de peso corporal, i.p.). Seguido a la anestesia los animales fueron rasurados dorsalmente y se colocaron en una posición decúbito ventral sobre una camilla y se fijaron en 4 puntos con la ayuda de una unidad espinal para realizar una laminectomía desde los segmentos espinales T₁₃ a S₂ con base a la metodología de Tovar (2015); los primeros dos puntos de sujeción se realizaron con la ayuda de dos barras de acero inoxidable (clavos). Cada barra se colocó de forma lateral y perpendicular a ambos lados del hueso sacro de manera que la punta del lápiz coincidiera con el tubérculo coxal del hueso ilion. El tercer punto sostiene los incisivos superiores, para mantener el animal erguido.

Después de realizar los 3 primeros puntos de fijación, se realizó una incisión media y sagital de la piel desde T₁₃ hasta S₂. La piel de los flancos fue retraída para exponer la musculatura supra espinal, la cual fue cortada junto con los tendones para exponer las apófisis espinosas vertebrales. En la apófisis espinosa T₁₃ se realizó el cuarto punto de sujeción, utilizando una pinza.

Usando unas gubias se retiró el tejido muscular y óseo desde los segmentos L₁ a S₁, con la ayuda de un microscopio de disección (Olympus) y de unas pinzas de disección. Se removió cuidadosamente el material triturado hasta tener visibilidad de la piamadre, la cual se cortó longitudinalmente y se retrajo lateralmente para tener acceso a las raíces espinales.

Se agregó aceite mineral a la preparación para evitar la desecación de la médula espinal y de las raíces dorsales y ventrales. Se localizaron las raíces dorsales de los segmentos espinales L₁ a S₁ y se aislaron, pero no se seccionaron (Fig. 14).

Para localizar las raíces correspondientes a cada segmento espinal se identificó el punto medio del cruce en línea recta entre las crestas iliacas, las cuales coinciden con la apófisis espinal L₆ y seguido a este se encuentra el de S₁, la cual se encuentra en el hueso sacro (Fig. 14A). La retracción lateral de la meninge piamadre de la columna vertebral expone la médula y raíces espinales, en este caso L₁ a S₁. La raíz dorsal relacionada al segmento espinal L₅ resalta por tener un mayor grosor. La raíz dorsal S₁ ingresa al canal raquídeo después de pasar por el hueso sacro (Fig. 14B).

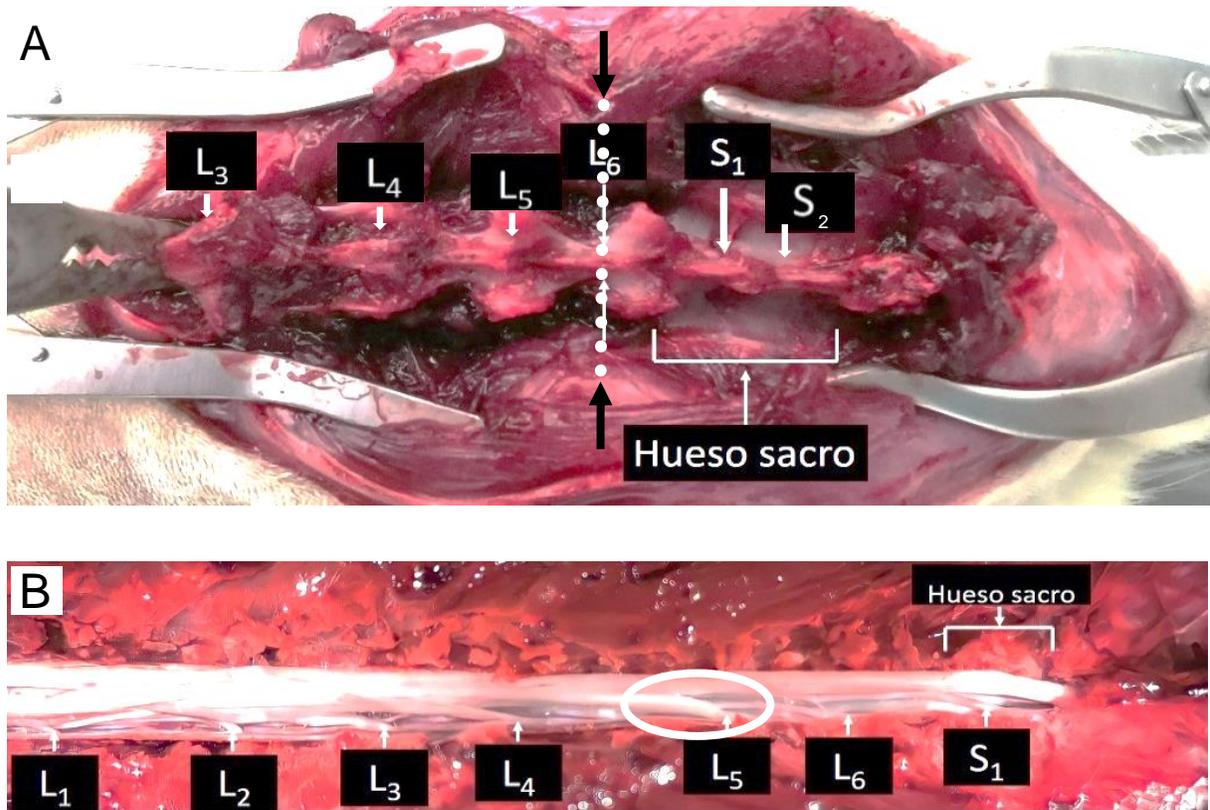


Figura 14. Laminectomía en rata macho Wistar. A: columna vertebral del segmento espinal L₃ a S₂. Las flechas negras representan los lápices de la unidad espinal que se fijaron en el hueso ilion, la intersección en línea recta de los lápices coincide con el segmento espinal L₆, a la derecha de este se ubica el hueso sacro. B: Raíces espinales de los segmentos L₁-S₁. Se diseccionaron las raíces dorsales, identificando la raíz correspondiente a su segmento espinal, nótese que la raíz dorsal L₅ (encerrada círculo) presenta un mayor grosor que las demás, la cual funge como referencia anatómica.

Registro electrofisiológico

Cada raíz dorsal fue montada en electrodos bipolares de acero inoxidable (4 mm de separación, 0.5 mm de diámetro), colocados de 1 a 2 mm del canal raquídeo, inmersos en aceite mineral y asegurando que los electrodos solo tocaran la raíz dorsal a registrar. Los electrodos fueron conectados a un preamplificador (Tektronix 122), la actividad eléctrica fue visualizada en un osciloscopio (Tektronix 5103) y escuchada por un sistema de audio conectado al preamplificador bajo la misma salida de señal que el osciloscopio. Los registros se capturaron por medio de una cámara digital (Sony XRT-5).

Estimulación

Para tener acceso al área genital, la cola fue levantada y se fijó. Con la ayuda de unas pinzas de disección sin dientes (ROBOZ RS-8240) el glande fue protruido y se mantuvo expuesto por más de 20 minutos continuos mediante la sujeción del prepucio con cinta adhesiva. Se protruía antes del montaje de las raíces dorsales en los electrodos para evitar dañar el tejido nervioso por movimiento (Fig. 15). Una vez listo el animal, se procedió a realizar las siguientes estimulaciones:

Cepillado: rozamiento suave y repetitivo al glande con la ayuda de un hisopo.

Presión: sujeción suave del glande utilizando unas pinzas de disección atraumáticas (ROBOZ RS-8240).

Tracción: presión y arrastre del cuerpo peneano y glande aproximadamente de 5mm utilizando una pinza de disección atraumáticas (ROBOZ RS-8240).

Temperatura: inmersión del glande en un tubo vial de 1.5 ml (eppendorf con diámetro de boquilla aproximadamente de 10 mm) lleno con agua a 4°, 26° ó 40° C de temperatura; fría, tibia o caliente respectivamente.



Figura 15. Fotografía donde se muestra una Rata montada en unidad espinal con la cola fijada en alto, nótese que el glande está protruido y erecto.

RESULTADOS

Raíz dorsal L₁

Las estimulaciones mecánicas y de inmersión del glande en agua a 4° o 40° C evocaron actividad eléctrica de esta raíz. Sin embargo, la estimulación con agua a temperatura ambiente no tuvo ese efecto (Fig. 16). La actividad obtenida por cepillado es de carácter fásica *on*, significa que sólo se presenta con la aplicación del estímulo. Presión, tracción, inmersión en agua fría o caliente del glande, evoca respuesta tónica *on* en L₁, actividad que se mantiene durante el estímulo. La estimulación de tracción frío y calor vienen acompañadas de respuestas tónicas *off*, actividad posterior al estímulo. Además, las estimulaciones de temperatura evocan respuestas fásicas *on* y *off*, las cuales solo se presentan al iniciar o cesar el estímulo.

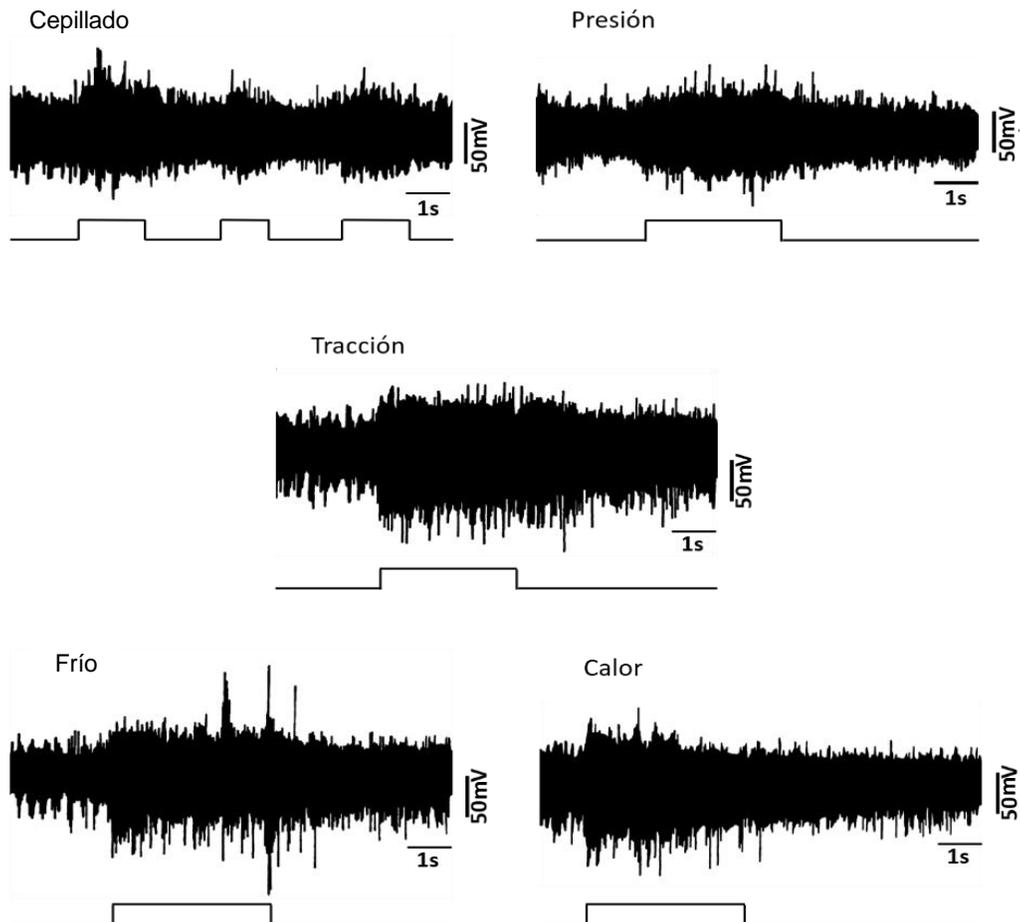


Figura 16. Registros representativos de la actividad electrofisiológica de la raíz dorsal L₁ por estimulación mecánica (cepillado, presión y tracción) o de temperatura (frío o calor) del glande en la rata. Las líneas de abajo indican el inicio, duración y final de la estimulación. Las líneas junto al registro indican la escala de tiempo y amplitud.

Raíz dorsal L₂

Las estimulaciones con aplicación de agua tibia o caliente en el glande no provocaron actividad de esta raíz. Las estimulaciones mecánicas y de agua fría generaron actividad electrofisiológica en esta raíz (Fig. 17). La estimulación de cepillado evocó actividad eléctrica de baja amplitud, actividad fásica *on*. La presión del glande produjo actividad que siguió incluso cuando el estímulo fue retirado. La tracción del glande produjo actividad eléctrica durante la estimulación. Al retirar el estímulo de tracción se visualiza actividad fásica *off*. La actividad eléctrica provocada por estimulación de agua fría se acompañó de actividad fásica *off*.

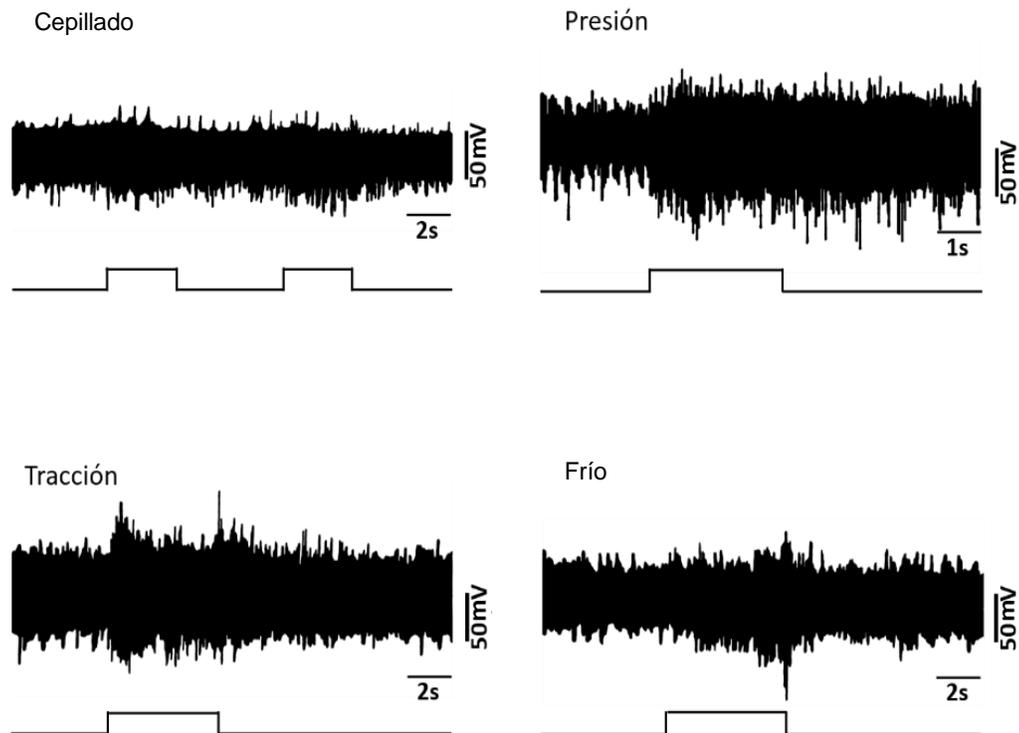


Figura 17. Registros representativos de la actividad electrofisiológica de la raíz dorsal L₂ obtenidos durante el cepillado, presión, tracción o por inmersión en agua fría del glande de la rata. Las líneas de abajo indican el inicio, duración y final de la estimulación. Las líneas junto al registro indican la escala de tiempo y amplitud.

Raíz dorsal L₃

Con excepción de la inmersión del glande en agua tibia, todos los estímulos provocaron actividad eléctrica en esta raíz (Fig. 18). La estimulación por cepillado en el glande evoca actividad y cesa cuando se retira. La estimulación por presión y tracción evocaron actividad tónica *on* y *off*, mientras que el registro por inmersión en agua fría o caliente evoca actividad tónica *on*.

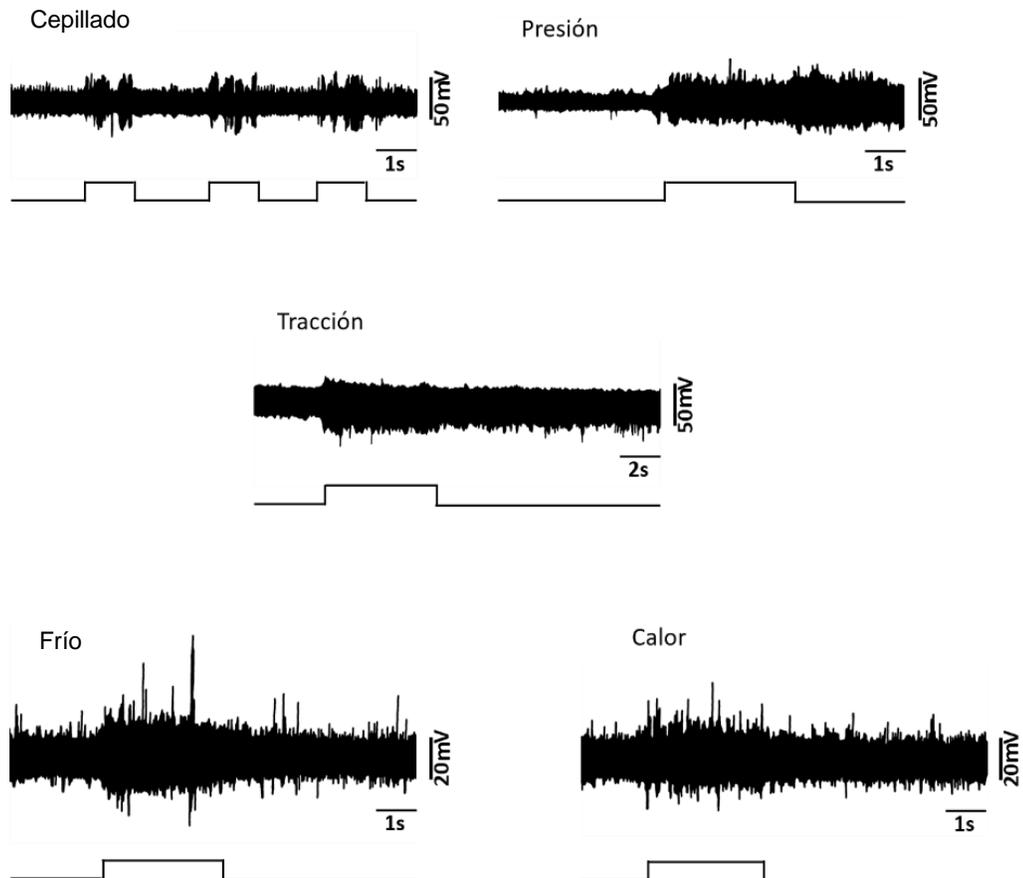


Figura 18. Registros representativos de la actividad electrofisiológica de la raíz dorsal L₃ obtenidos durante el cepillado, presión y tracción) o por inmersión en agua fría o caliente del glande. Las líneas de abajo indican el inicio, duración y final de la estimulación. Las líneas laterales indican la escala de tiempo y amplitud.

Raíz dorsal L₄

Las estimulaciones con cepillado, tracción, presión, agua fría o agua caliente sobre el glande provocaron actividad eléctrica en esta raíz (Fig. 19). La estimulación con cepillado provocó actividad eléctrica con características *fásicas on*. La presión evocó actividad que se mantuvo durante el estímulo, aunque con menor intensidad. Estas mismas características se pueden observar durante la tracción. La estimulación térmica con agua caliente o fría evocó actividad tónica *on*, en el caso del agua fría la actividad estuvo acompañada de respuestas tónicas *off*.

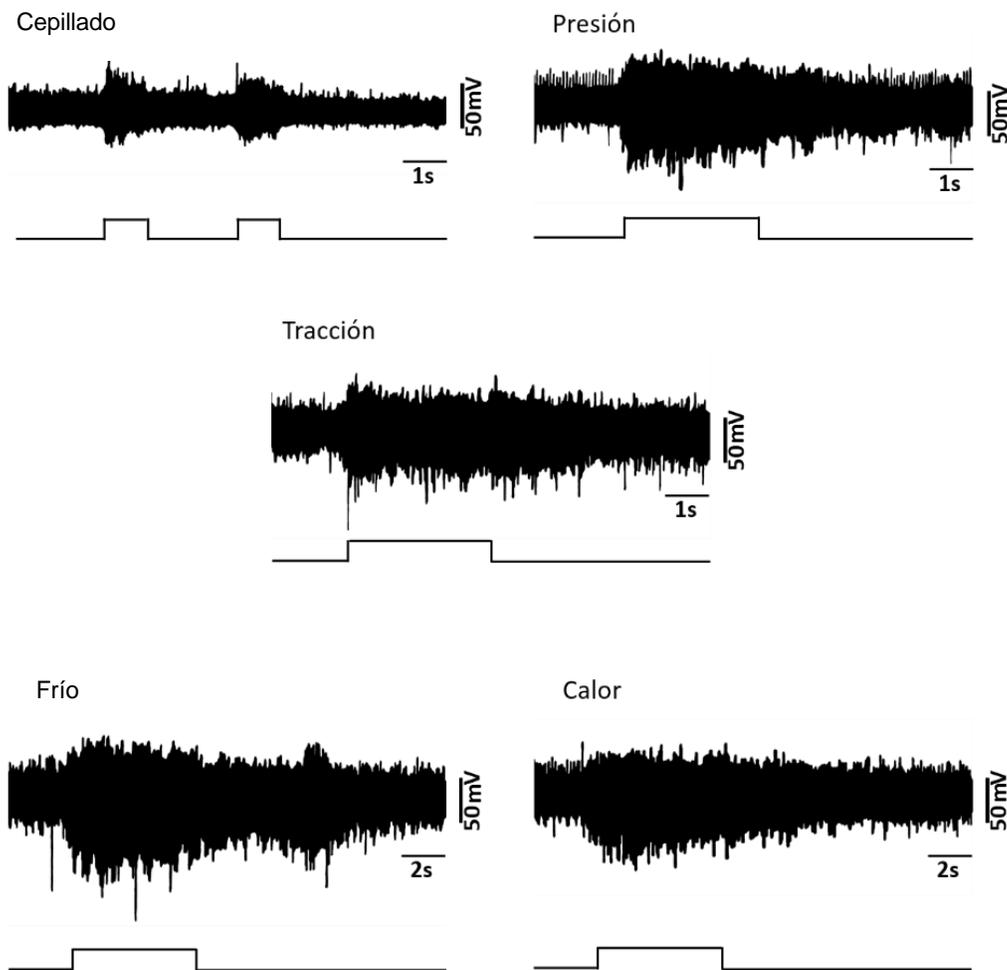


Figura 19. Registros representativos de la actividad electrofisiológica de la raíz dorsal L₄ obtenidas durante el cepillado, presión y tracción o por inmersión en agua fría o caliente del glande de la rata. Las líneas de abajo indican el inicio, duración y final de la estimulación. Las líneas laterales indican la escala de tiempo y amplitud.

Raíz dorsal L₅

Solo las estimulaciones de presión y tracción al glande evocaron actividad en esta raíz (Fig. 20). Estas estimulaciones provocaron actividad tónica *on* y *off*, en ambas la actividad tónica *off* es prolongada.

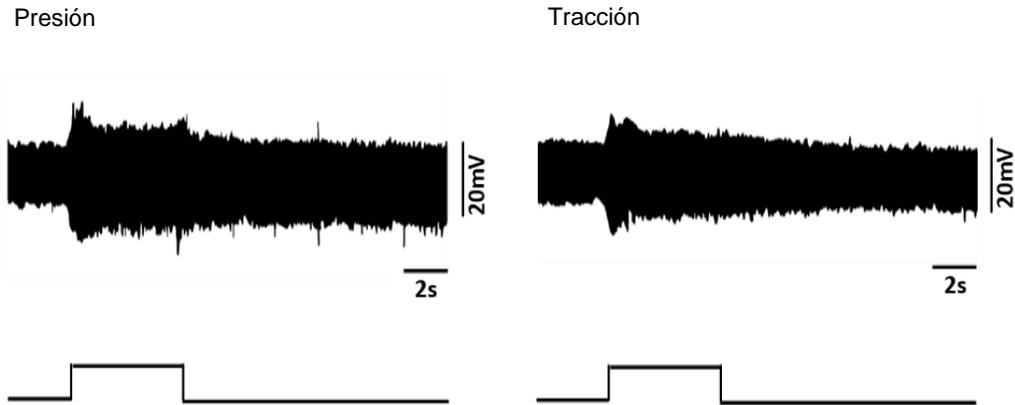


Figura 20. Registros representativos de la actividad electrofisiológica de la raíz dorsal L₅ obtenidas durante la presión o tracción del glande de la rata. Las líneas de abajo indican el inicio, duración y final de la estimulación. Las líneas laterales indican la escala de tiempo y amplitud.

Raíz dorsal L₆

Las estimulaciones mecánicas y térmicas del glande, excepto la inmersión en agua tibia, evocaron actividad eléctrica en esta raíz (Fig. 21). El cepillado sólo produjo actividad *tónica on* mientras que la presión y la tracción evocaron actividad tónica *on* que se apaga cuando el estímulo se retira. La estimulación con agua fría y caliente evocaron actividad durante el estímulo, a diferencia del agua tibia que únicamente responde con baja amplitud al inicio y final del estímulo.

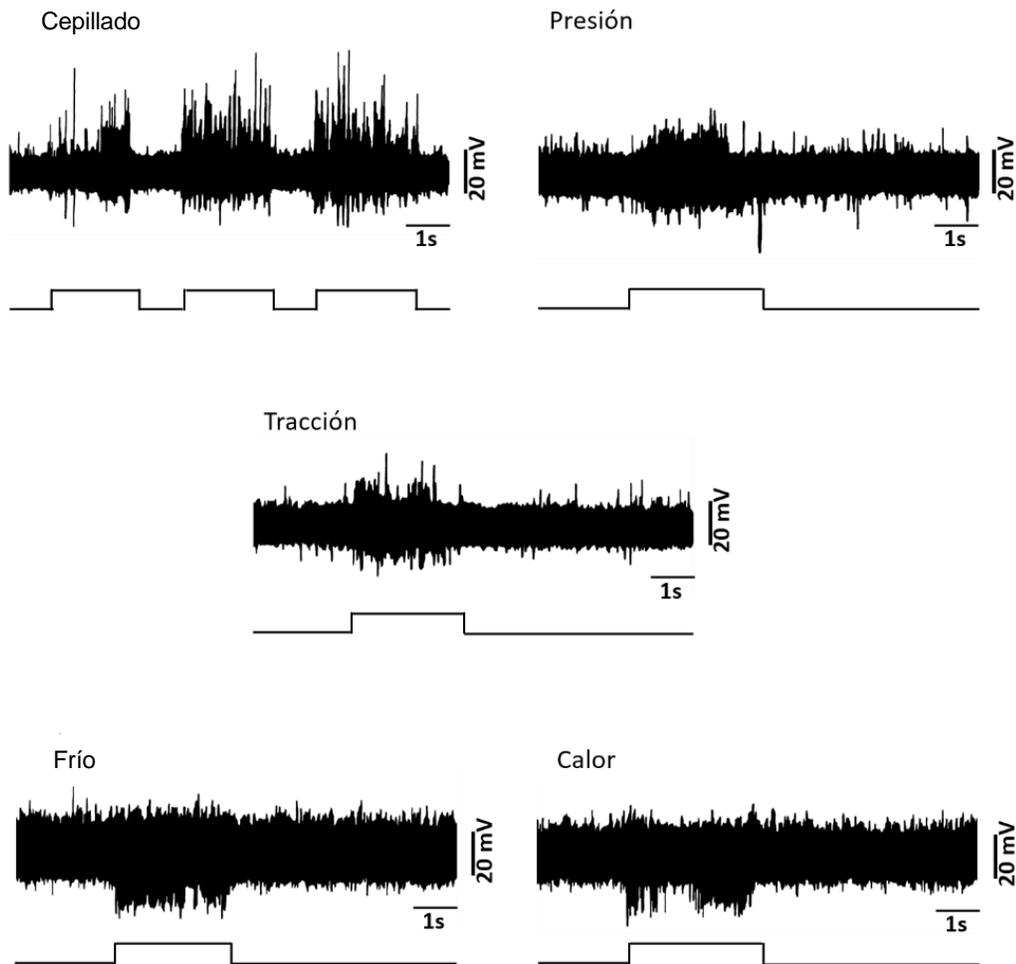


Figura 21. Registro representativo de la actividad electrofisiológica de la raíz dorsal L₆ obtenidas durante el cepillado, presión, tracción, agua fría, tibia o caliente del glande de la rata. Las líneas de abajo indican el inicio, duración y final de la estimulación. Las líneas laterales indican la escala de tiempo y amplitud.

Raíz dorsal S₁

Todas las estimulaciones del glande, excepto la inmersión en agua tibia, evocaron actividad eléctrica (Fig. 22). La respuesta al cepillado provocó actividad *fásica on*, la respuesta por presión evoca actividad *fásica on*, *off* y *tónicas on*, a diferencia del estímulo de tracción produjo actividad *tónica on*. La estimulación térmica ya sea de calor o frío produjo actividad *tónica on* y *off*.

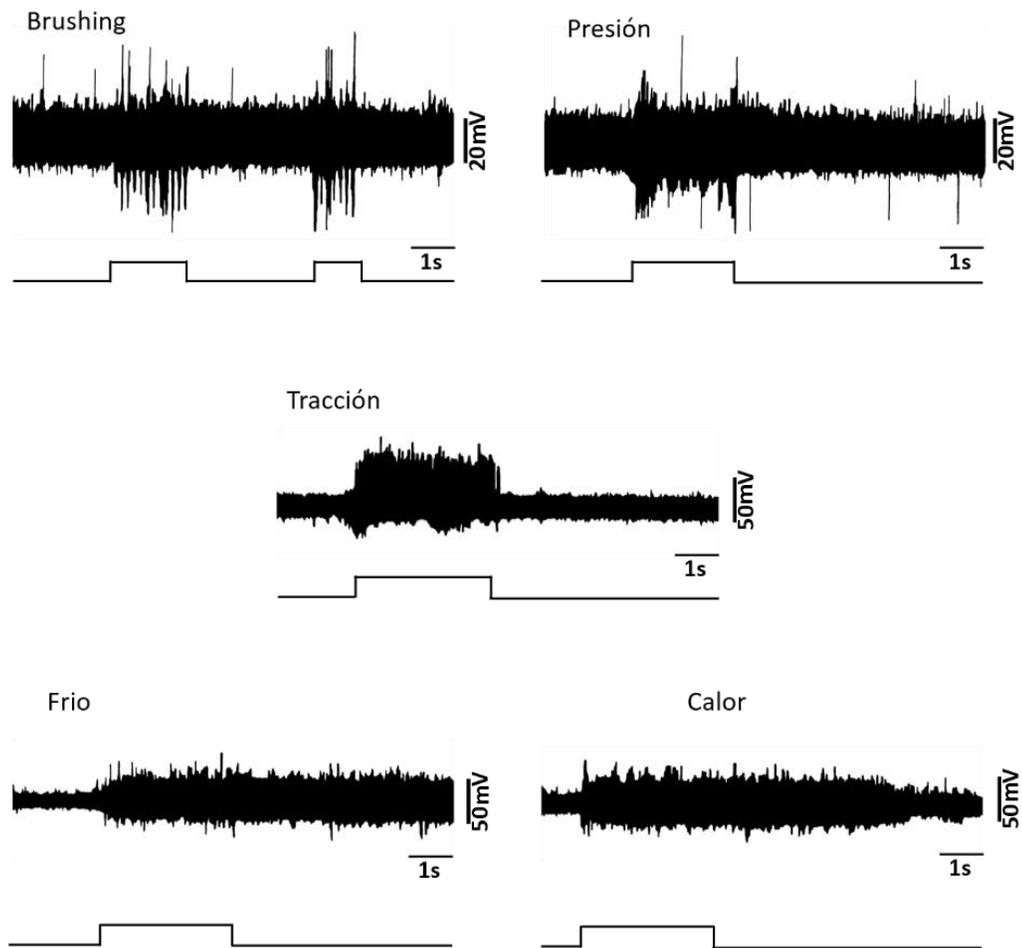


Figura 22. Registros representativos de la actividad electrofisiológica de la raíz dorsal S₁ obtenidas durante el cepillado, presión, tracción o por inmersión en agua fría o caliente del glande de la rata. Las líneas de abajo indican el inicio, duración y final de la estimulación. Las líneas laterales indican la escala de tiempo y amplitud.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se encontró que la información sensorial proveniente del glande ingresa de manera variable desde L₁ hasta S₁, como se observa en la siguiente tabla:

Raíz Estímulo	L₁	L₂	L₃	L₄	L₅	L₆	S₁
Cepillado	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
Presión	Si						
Tracción	Si						
Fría	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si
Tibia	No						
Caliente	Si	No	Si	Si	No	Si	Si

La información sensorial recibida por el glande durante la cópula es necesaria para el correcto desenlace de los patrones copulatorios (Sachs y Barfield 1970). En la rata macho, la principal vía con la que se relaciona la inervación del glande es el NDP, el cual transmite la información al sistema nervioso central a través de las raíces dorsales espinales de los segmentos L₆ y S₁ (McKena y Nadelhaf 1986). Sin embargo, los resultados obtenidos demuestran que la estimulación mecánica y/o térmica del glande provocó actividad eléctrica en varias raíces dorsales, desde los segmentos espinales L₁ a S₁, por lo que la actividad aferente durante el apareamiento ha de proyectarse a la médula espinal por tales vías desde el glande.

De igual manera, se debe considerar al NDP como un nervio que presenta axones provenientes de las células ubicadas en los ganglios de las raíces espinales dorsales de los segmentos L₁, L₂, L₃, L₄, L₅, L₆ y S₁.

La actividad eléctrica obtenida sugiere que las raíces espinales dorsales L₁-S₁ están conformadas por fibras axónicas de rápida y lenta adaptación, provenientes de células ganglionares que inervan el glande a través del NDP, nervio que ha sido estudiado con herramientas histológicas y fisiológicas (Cottrell y cols. 1978; Kitchel y cols. 1982; Johnson y Kitchell 1987).

Las células sensoriales que responden al *brushing* del glande corresponden a células de rápida adaptación, ya que no presenta actividad repetitiva o posdescargas. En el caso de los estímulos presión, tracción o inmersión en agua fría o caliente del glande, la actividad evocada se mantiene durante y después de haber retirado el estímulo, sugiriendo que están implicadas células de adaptación lenta, lo cual coincide con los antecedentes en donde mostraron que dependiendo la intensidad de estimulación en el glande, el registro eléctrico del NDP presenta distintas características, mientras la neuroanatomía del NDP en 61 fibras determinó que 36 son de adaptación rápida y 25 de adaptación lenta (Kitchell y cols. 1982).

La discriminación del tipo de estímulo se relaciona con el tipo de receptores sensoriales (Fig. 23). Cada estímulo desencadena un patrón de actividad diferente, por ejemplo, los corpúsculos de Meissner responden a presión de baja intensidad, por lo que una mínima deformación del glande puede activarlos.

Por otro lado, los receptores de Merkel se relacionan con estímulos mecánicos de baja intensidad y a pesar de que no se han identificado en el glande, si están presentes podrían activarse de manera similar a los corpúsculos de Meissner, durante el contacto del glande con el área perigenital de la hembra, para la orientación del glande hacia el canal vaginal (Halata y Munger 1986; Johnson y Halata 1991).

Durante la intromisión, el glande recibe estímulos de presión debido a la dimensión del canal vaginal comparado con el diámetro del glande. Este estímulo es recibido por los corpúsculos de Pacini y de Meissner (Halata y Munger 1986). Simultáneamente el glande recibe información térmica, ya que el canal vaginal presenta una mayor temperatura a la del exterior y dicha estimulación puede ser recibida a través de los receptores de Kraus, los cuales en el glande

de la rata no han sido reportados pero si en el glande del ser humano (Johnson y Halata 1991; Huaraz y cols. 1999).

- Discos de Merkel y corpúsculos de Meissner: Cepillado.
- Corpúsculos de Pacini y Meissner: Presión y tracción.
- Corpúsculos de Ruffini y de Krause: Temperatura fría y de calor.
- Terminaciones libres: Dolor y nocicepción.



Figura 23. Relación entre receptores sensoriales que podrían ser activados durante la estimulación realizada en el glande de la rata. Los receptores enlistados a excepción de los discos de Merkel han sido encontrados en el glande de la rata.

Después de la intromisión, el macho realiza un movimiento pélvico pendular de manera brusca, el cual, al sacar el glande del canal vaginal, este se jala, provocando un estímulo similar al de la tracción, seguido al desmonte brusco. Se observa que el glande efectúa movimientos antero-dorsales rápidos (Halata y Munger 1986; Hart y Haugen 1971). La información sensorial desencadenada por el reflejo de antero flexiones del glande, podría estar ingresando a la médula espinal por las raíces dorsales L₁ a S₁.

Otra característica conductual que ocurre después de la intromisión es el acicalamiento genital, el cual desentume el glande (Hart y Haugen 1971). Johnson y Halata (1991) demostraron que el glande tiene receptores corpusculares de Ruffini, por otro lado Shiino y colaboradores (2015) fotografiaron receptores corpusculares que son descritos similares a los corpúsculos de Krause, ambos receptores sensoriales se relacionan con la transducción de estímulos de

temperatura. El presente trabajo muestra que ~~el glande~~; cuando el glande se encuentra inmerso en agua a 4° C o 40° C se observa actividad eléctrica en las raíces dorsales L₁, L₂, L₃, L₄, L₆ y S₁, lo que confirma la presencia de receptores a temperatura baja y alta.

Las vías por donde viajan los axones del nervio dorsal del pene a las raíces dorsales L₁ a S₁ no las podemos determinar debido a que en el presente estudio no se realizó seccionamiento de nervios periféricos, sin embargo, Tovar (2015) demostró que en la rata hembra, el nervio dorsal del clítoris tiene conexión con las raíz dorsal L₃ a través de la rama anastomótica del nervio pudendo, rama que Pacheco y cols. (1997) determinaron como una conexión con el tronco lumbosacro y a su vez con las raíces espinales L₃ a L₅ (Fig. 24).

Por otra parte, Lucio y cols. (1991) describieron que el nervio hipogástrico participa en la mediación de la conducta sexual en la rata macho. Este nervio típicamente considerado solo autonómico, tiene origen en las raíces dorsales T₁₂ a L₂, sus axones pasan por el ganglio mesentérico inferior, el cual a su vez se comunica con el GPM, ganglio que presenta tres prolongaciones que se anastomosan caudalmente con el NDP (Pastelín y cols. 2011), esta vía podría ser por donde viaja la información sensorial del glande que evoca actividad en las raíces dorsales L₁ y L₂ (Fig. 24).

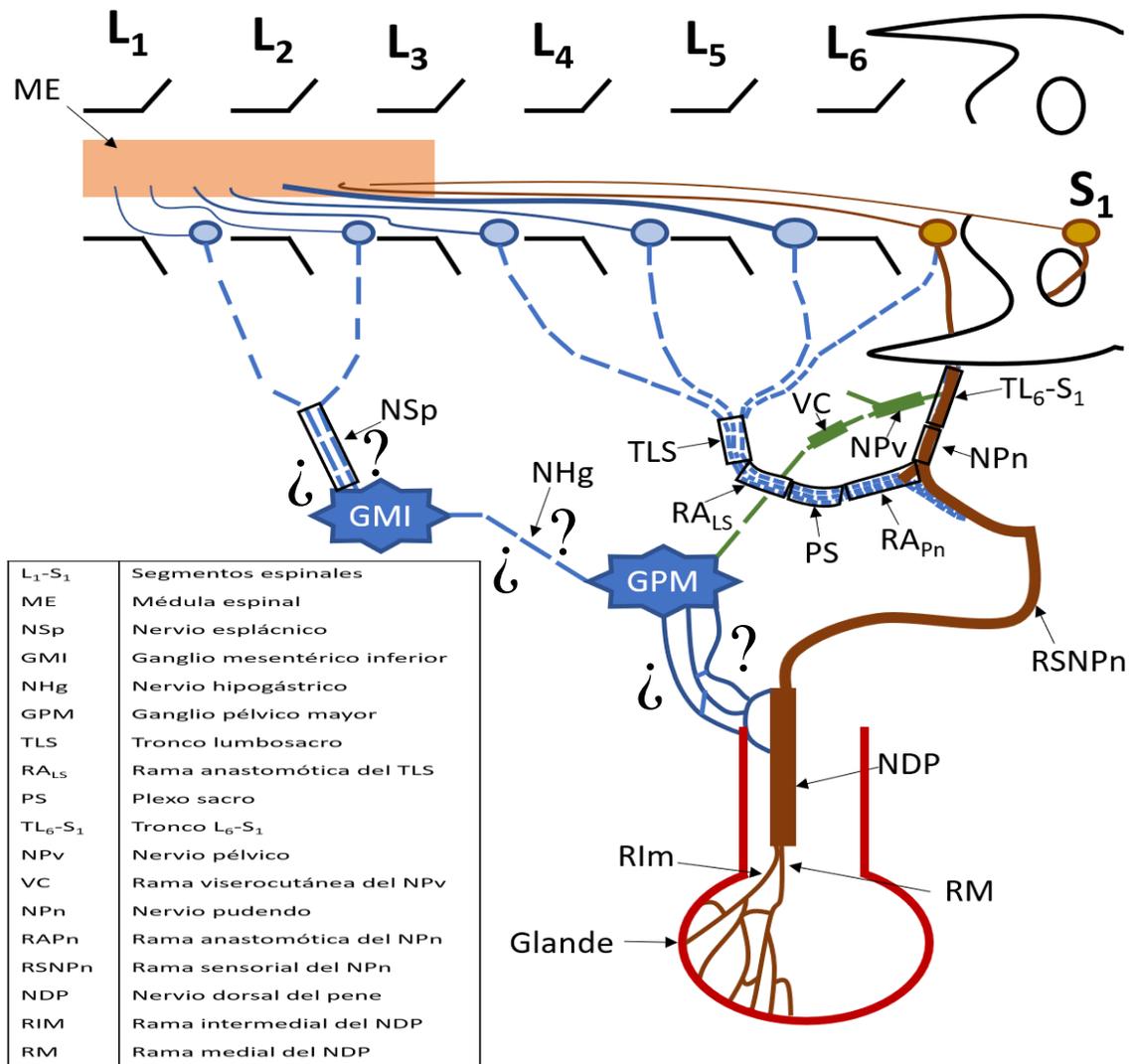


Figura 24. Esquema de la vía por donde se propone viaje la actividad sensorial del glándulo de la rata hacia las raíces dorsales L₁-S₁. Los ganglios espinales dorsales se representan con óvalos azules y cafés. De color café se muestra la vía aferente clásica del glándulo hacia las raíces dorsales L₆ y S₁. Se representan las vías sensoriales del glándulo hacia las raíces dorsales L₁, L₂, L₃, L₄, L₅, L₆ y S₁, se representan en color azul. Nótese que la vía relacionada con las raíces dorsales L₁ y L₂ está entre signos de interrogación, debido a que no podemos asegurar que a través de esta vía viaje la información sensorial somática desde el glándulo hacia el sistema nervioso central.

A manera de perspectiva, resulta importante determinar el umbral necesario para desencadenar la actividad de cada raíz y el análisis de las descargas aferentes sin actividad refleja, ya que en el presente trabajo se realizó el registro de raíces dorsales sin seccionar las raíces ventrales, por lo que se podrían haber desencadenado descargas aferentes de naturaleza refleja.

Además de la actividad refleja, debemos tomar en cuenta que el registro de raíces dorsales no seccionadas puede estar captando actividad retrógrada de la médula espinal, este fenómeno es conocido como potenciales de raíces dorsales (Devor y Rappaport 1990). En una re-edición de la histología del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados de Cajal (2007) se muestra que la prolongación de las células sensoriales que ingresan a la médula espinal se ramifica, teniendo derivaciones axónicas en contacto con más de un segmento de la médula espinal. Si una célula sensorial tiene comunicación axo-axónica con otra célula sensorial de otro segmento espinal, siguiendo con la ley del todo o nada del impulso nervioso, al depolarizarse el axón, el cambio de polaridad viajará de forma antidrómicamente, hacia el soma de la célula. Si este fuese el caso de alguna, la actividad no sería aferente en respuesta al glánde.

Cabe resaltar que el glánde es una estructura sensorial, no solo en la rata, también en el humano (Yang y Bradley 1999), ya que la desensibilización del glánde en cualquiera de estas dos especies aumenta la latencia a la eyaculación, pero no la bloquea (Carlsson y Larsson 1964; Genov y Cols. 2019), lo cual tiene sentido considerando los resultados mostrados de que la inervación del glánde de la rata está conformada por más segmentos espinales de los que se consideraban. Además, de la presencia de receptores sensoriales corpusculares de Pacini, Meissner, Krause, Ruffini, Merkel y terminaciones nerviosas libres, de acuerdo a la actividad registrada en el presente estudio.

Es por ello que el glánde debe ser considerado no solo como la punta del pene, más bien como una estructura sensorial especializada.

CONCLUSIÓN

Las estimulaciones de cepillado, presión, tracción o inmersión del glande en agua fría o caliente producen actividad eléctrica fásica y tónica tanto *of* como *on en* las raíces dorsales de L₁ a S₁, sugiriendo la presencia y activación de receptores sensoriales corpusculares de Pacini, Meissner, Krause, Ruffini, Merkel y terminaciones nerviosas libres en el glande peneano. Durante la cópula, la información mecánica y térmica que recibe el glande la envía al sistema nervioso central a través de las raíces dorsales L₁ a S₁.

PERSPECTIVAS

- Seccionamiento proximal a la médula espinal de las raíces dorsales L₁ a S₁ y registro eléctrico de las mismas, durante la estimulación del glande.
- Registrar las raíces dorsales de L₁ a S₁ durante la estimulación del glande, en ratas con seccionamiento del nervio hipogástrico, nervio pélvico, tronco lumbo-sacro o tronco L₆-S₁.
- Evaluar la influencia que tienen las hormonas gonadales (testosterona, estradiol y dihidrotestosterona) sobre la actividad eléctrica de las raíces dorsales L₁ a S₁ durante la estimulación del glande.

REFERENCIAS

Adler NT, Bermant G. 1966. Sexual behavior of male rats: effects of reduced sensory feedback. *Journal Comparative and Physiological Psychology* 61: 240-243.

Alyaeu YJ, Akhvlediani ND. 2016. Comparing efficacy of selective penile denervation and circumcision for primary premature ejaculation. *Urologiia* 1: 60-64.

Arteaga M, Viguera RM, Retana S, Hernández M, Bonilla H, Gusmán X, Contreras JL. 2013. Testosterone levels and development of the penile spines and testicular tissue during the postnatal growth in Wistar rats. *Advances in sexual medicine* 3: 1-9.

Beach FA. 1942. Execution of the complete masculine copulatory pattern by sexually receptive female rats. *The Journal of Genetic Psychology* 60: 137-142.

Bermant G. 1965. Rat sexual behavior: Photographic analysis of the intromission response. *Psychonomic Science* 2: 65-66.

Cajal SR. 2007. *Histología del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados: Estudios sobre el plan estructural y composición histológica de los centros nerviosos adicionados de consideraciones fisiológicas fundadas de los nuevos descubrimientos*. Ministerio de Sanidad y Consumo Boletín Oficial del Estado. Madrid pp. 1-40.

Carlsson SG, Larsson K. 1964. Mating in male rats after local anesthetization of the glans penis. *Zeitschrift Tierpsychol* 21: 854-856.

Coria GA, Herrera-Covarrubias D, Pfaus JG. 2015. *Neurofisiología de la Conducta. Conducta sexual*. Coria GA. Universidad Veracruzana. Xalapa Veracruz. pp. 350-389.

Cottrell DF, Iggo A, Kitchell RL. 1978. Electrophysiology of the afferent innervation of the penis of the domestic ram. *Journal Physiology* 283: 347-367.

Cruz Y, Pastelín C, Cerezo H, Pacheco P, Juarez M. 2009. Branches of the major pelvic ganglion in male rat. Annual Meeting of neuroscience 2009. Chicago. Illinois. United States of America.

Devor M, Rappaport ZH. 1990. Pain Syndromes in Neurology. Pain and the pathophysiology of damaged nerve. (1ed) Butterworth-Heinemann pp. 47-83.

Galindo R, Barba V, Dail WG. 1997. The sensory branch of the pudendal nerve is the major route for adrenergic innervation of the penis in the rat. *Anatomical Record* 247: 479-485.

Garber JC, Barbee RW, Bielitzki JT, Clayton LA, Donovan JC, Kohn DF, Lipman NS, Locke P, Melcher J, Quimby FW, Turner PV, Wood GA, Wurbel H. 2011. Guide for the care and use of laboratory animals. Environment, housing and management. pp. 41-75.

Genov PP, Kolev NH, Dunev VR. 2019. Premature ejaculation-operative management after failure of conservative treatment. *Urology Case Reports* 26: 1-2.

Halata Z, Munger BL. 1986. The neuroanatomical Basis for the protopathic sensibility of the human glans penis. *Brain Research* 371: 205-230.

Hart BL, Haugen CM. 1971. Prevention of genital grooming in mating behaviour of male rats (*Rattus norvegicus*). *Animal Behaviour* 19: 230-232.

Hart BL, Melese-D'Hospital PY. 1983. Penile mechanisms and the role of the striated penile muscles in penile reflexes. *Physiology and Behavior* 31: 807-813.

Hebel R, Stromberg MW. 1976. Anatomy of the Laboratory Rat. Male Reproductive Organs. Editorial The Williams y Wilkins Company. pp. 72,73.

Hebel R, Stromberg MW. 1986. Anatomy and embryology of the laboratory rat. Reproductive organs. Worthsee BioMed Verlag. Germany. pp. 61.

Holmes GM, Chapple WD, Leipheimer RE, Sachs BD. 1991. Electromyographic analysis of male rat perineal muscles during copulation and reflexive erection. *Physiology y Behavior* 49: 1235-1246.

Huaraz F, Bravo Y, Vilcaromero M. 1999. Histological and histochemical study of human glans penis. *Anales de la Facultad de Medicina* 60: 199-203.

Hudson R, Laclette JP, Lomelí C, Mancilla R, Morales M, Ostrosky P, Rojas E. 2007. Código ético para el personal del Instituto de Investigaciones Biomédicas, UNAM. Lineamientos para el cuidado y uso de animales de laboratorio. Reglas éticas. pp. 18-41.

Hulsebosch CE, Coggeshall RE. 1982. An analysis of the axon population in the nerves to the pelvic viscera in the rat. *Journal of Comparative Neurology* 211: 1-10.

Hull EM, Meisel RL, Sachs BD. 2002. Male sexual behavior. *Hormones, Brain and Behavior* 2: 3-137.

Hull EM, Dominguez JM. 2007. Sexual behavior in male rodents. *Hormones and Behavior* 52: 45-55.

Johnson RD, Kitchell RL. 1987. Mechanoreceptor response to mechanical and thermal stimuli in the glans penis of the dog. *Journal Neurophysiology* 57: 1813-1836.

Johnson RD, Halata Z. 1991. Topography and ultrastructure of sensory nerve endings in the glans penis of the rat. *The Journal of Comparative Neurology* 312: 299-310.

Kitchell RL, Gilanpour H, Jonson RD. 1982. Electrophysiologic studies of penil mechanoreceptors in the rat. *Experimental Neurology* 75: 229-244.

Larsson K, Sodersten P. 1973. Mating in male rats after section of the dorsal penil nerve. *Physiology y Behavior*. 10: 567-571.

Leipheimer RE, Sachs BD. 1987. GABAergic regulation of penile reflexes and copulation in rats. *Physiology y Behavior* 42: 351-357.

Lodder J, Zeilmaker GH. 1976. Effects of pelvic nerve and pudendal nerve transection on mating behavior in the male rat. *Physiology and Behavior* 16: 745-751.

Lucio RA, Manzo J, Pacheco P. 1991. Pelvic and hypogastric nerves co-participation in the mediation of male rat sexual behavior. XXI Annual Meeting of the Society for Neuroscience. November 10-15. New Orleans, Louisiana, United States of America. pp. 1059.

Lucio RA, Manzo J, Martínez-Gómez M, Sachs BJ, Pacheco P. 1994. Participation of pelvic nerve branches in male rat copulatory behavior. *Physiologi y Behavior* 55: 241-246.

Martínez A. 2003. Caracterización anatómica y funcional de la uretra y de su esfínter externo de la rata macho. Tesis de Doctorado en Neuroetología. Universidad Veracruzana.

Martínez-Gómez M. 1991. Estudio anatómico y fisiológico de reflejos involucrados en la actividad reproductiva pélvica de la rata hembra. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Tlaxcala-Centro de Investigación y de estudios avanzados.

Matthews M, Adler NT. 1977. Facilitative and inhibitory influences of reproductive behavior on sperm transport in rats. *Journal of Comparative and physiological psychology* 91: 727-741.

McKenna KE, Nadelhaft I. 1986. The organization of the pudendal nerve in the male and female rat. *The Journal of Comparative Neurology* 248: 532-549.

Núñez R, Gross GH, Sachs BD. 1986. Origin and central projections of rat dorsal penil nerve: possible direct projection to autonomic and somatic neurons by primary afferents of nonmuscle origin. *The Journal of Comparative Neurology* 247: 417-429.

O'Hanlon JK, Sachs BD. 1986. Fertility of mating in rats (*Rattus norvegicus*): Contributions of androgen-dependent morphology and actions of the penis. *Journal of Comparative Psychology* 100: 178-177.

Pacheco P, Camacho MA, García LI, Hernández ME, Carrillo P, Manzo J. 1997. Electrophysiological evidence for the nomenclature of the pudendal nerve and sacral plexus in the male rat. *Brain Research* 763: 202-208.

Pastelín CF, Zempoalteca R, Pacheco P, Downie JW, Cruz Y. 2008. Sensory and somatomotor components of the "sensory branch" of the pudendal nerve in the male rat. *Brain Research* 1222: 149-155.

Pastelín CF, Pacheco P, Camacho M, Cruz Y. 2011. Another component of the pelvic plexus that innervates the penis in the rat. *Basic and Translational Science* 78: 7-13.

Pastelín CF. 2012. Componentes Autonómicos de la rama sensorial del nervio pudendo en la rata macho. Tesis de Doctorado en Neuroetología. Universidad Veracruzana.

Phoenix CH, Copenhaver KH, Brenner RM. 1976. Scanning electron microscopy of penil papillae in intact and castrated rats. *Hormones and Behavior* 7: 217-227.

Pollak EI, Sachs BD. 1976. Penile movements and the sensory control of copulation in the rat. *Behavioral Biology* 17: 177-186.

Prologo JD, Snyder LL, Cherullo E, Passalacqua M, Pirasteh A, Corn D. 2013. Percutaneous CT-guided cryoablation of the dorsal penile nerve for treatment of symptomatic premature ejaculation. *Journal of Vascular and interventional Radiology* 24: 214-219.

Purinton PT, Fletcher TF, We B. 1973. Gross and light microscopic features of the pelvic plexus in the rat. *Anatomical Record* 175: 697-705.

Sachs BD, Barfield RJ. 1970. Temporal patterning of sexual behavior in the male rat. *Journal of Comparative Physiological Psychology* 73: 359-364.

Sachs BD, Pollak EI. 1973. Sexual Behavior: Normal male patterning in androgenized female rats. *Science* 181: 770-771.

Sachs BD, Barfield RJ. 1976. *Advances in the Study of Behavior*. Functional analysis of masculine copulatory behavior in the rat. Rosenblatt JS, Hinde RA, Shaw E y Colin B (eds.). Editorial. Academic Press. New York San Francisco London. pp. 91-154.

Sachs BD. 1982. Role of striated penile muscles in penile reflexes, copulation and induction of pregnancy in the rat. *Journal of Reproduction and Fertility* 66: 433-443.

Sachs BD, Glater GB, O'Hanlon JK. 1984. Morphology of the erect glans penis in rats under various gonadal hormone conditions. *The Anatomical Record* 210: 45-52.

Sachs BD, Liu YC. 1992. Copulatory behavior and reflexive penil erection in rats after section of the pudental and genitofemoral nerves. *Physiology y Behavior* 51: 673-680.

Sachs BD, Akasofu K, Citron JH, Daniels SB, Natoli JH. 1994. Noncontact stimulation from estrous females evokes penile erection in rats. *Physiology y Behavior* 55: 1073-1079.

Shiino M, Hoshi H, Kawashima T, Ishikawa Y, Takayanagi M, Murakami K, Kishi K, Sato F. 2014. Quantitative analysis of development and aging of genital corpuscles in glans penis of the rat. *Tissue and Cell* 47: 27-32.

Tortora GJ, Derrickson B. 2006. Principios de anatomía y fisiología. Los aparatos reproductores: Aparato reproductor masculino. Editorial Médica Panamericana. México DF pp. 1075.

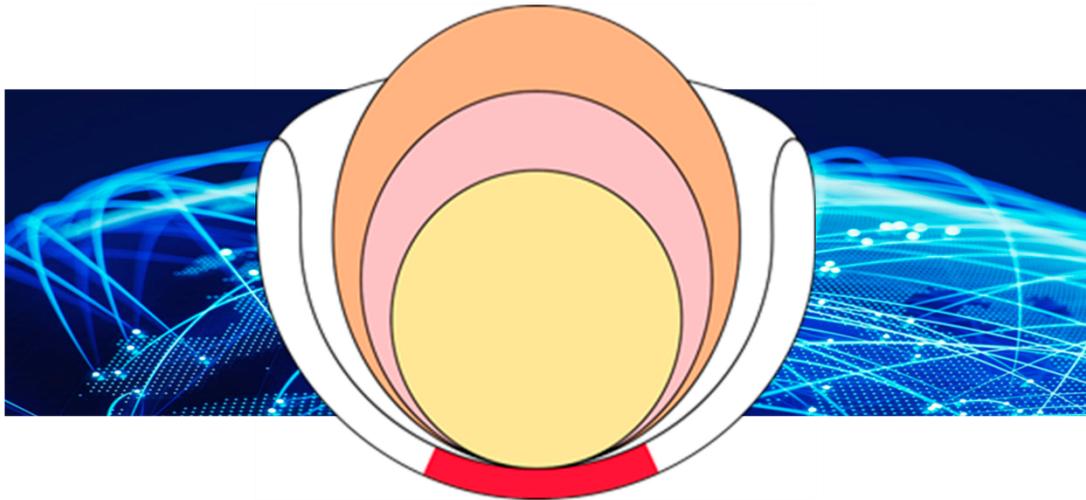
Tovar AC. 2015. Actividad sensorial de las regiones lumbo-sacras de la médula espinal de la rata hembra “provocado por la estimulación de estructuras participantes en la conducta reproductiva”. Tesis de Doctorado en Neuroetología. Universidad Veracruzana.

Yang CC, Bradley W. 1999. Innervation of the human glans penis. *The Journal of Urology* 161: 97-102.

PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS

THE SOCIETY FOR PELVIC RESEARCH

SIXTH ANNUAL MEETING



MEETING PROGRAM

December 10-12, 2021
Virtual Meeting

#PelvRes21

Friday, December 10, 2021

Trainee Affairs Committee Workshop

11:00 AM **Moderators: Michael Odom PhD and Matthew Fraser PhD**
Science Communication 101: Communicating your Science to an Audience of Everyone Jory Weintraub, PhD

SPR 2021 Special Topic Symposium

Aging of Pelvic Organs - Moderators: Michael Odom, PhD and Kelvin Davies, PhD

1:00 PM **Introduction** Kelvin Davies, PhD
1:05 PM **NOX enzymes in aging bladder dysfunction** Changhao Wu, MD PhD
1:50 PM **Murine Vaginal Remodeling with Maternal Age** Kristin S. Miller, PhD
2:35 PM **Is sexual function a marker of healthy aging?** Johanna Hannan, PhD
3:10 PM **Urogenital development, postnatal morphogenesis, and the aged penis** Carol Podlasek, PhD
3:45 PM **Q & A**
4:00 PM **BREAK**

Main Meeting

4:15 PM **Welcome, Day 1, Opening Remarks, Mission of SPR** Michael Ruggieri, Sr, PhD
Session 1: Funding Opportunities - Moderators: Mafalda Aresta Branco, PhD and Michael Ruggieri, Sr, PhD
4:20 PM **Special Guest Lecture - NIDDK/KUH Overview and Funding Considerations** Julia Barthold, MD
4:50 PM **Q & A**
5:00 PM **Social Hour**

Saturday, December 11, 2021

12:00 PM **Welcome, Day 2** Maryrose Sullivan, PhD
Session 2: Physiology, Pharmacology and Molecular Biology I - Moderators: Marianela Dalghi, PhD and Maryrose Sullivan, PhD
12:05 PM **Keynote Address / ICS Speaker - Reproducibility/robustness of non-clinical research** Martin Michel, MD
12:45 PM **Q & A**
12:55 PM **ERK and oxidative stress contribute to High mobility group box 1-induced bladder pain** Shaojing Ye
1:05 PM **Specialized pro-resolution mediators in the bladder: receptor expression and recovery of bladder function from cystitis** Monty Hughes
1:15 PM **Lumbosacral sensory inputs from the rat penis also involve L3-L5 spinal segments** Martín Oloarte
1:25 PM **The nicotinic receptor subtype $\alpha 3\beta 4$ mediates smooth muscle contractions in human and dog bladders by the release of acetylcholine from intramural nerve terminals** Nagat Frara
1:35 PM **Q & A**
1:45 PM **BREAK**



Sociedad Mexicana de Ciencias Urogenitales, A. C.
Fundada en 2021

Privada del Bosque No.10
Colonia el Llanito, Tepehitec Tlaxcala
Código Postal 90115

MESA DIRECTIVA 2021-2023

PRESIDENTA
Dra. Yolanda Cruz Gómez

VICEPRESIDENTE
Dr. Alvaro Muñoz Toscano

SECRETARIA
Dra. María Elena Hernández
Aguilar

TESORERO
Dr. César Feliciano Pastelin
Rojas

SOCIOS FUNDADORES

Dra. Yolanda Cruz Gómez
yolanda.cruzg@uatx.mx

Dr. Alvaro Muñoz Toscano
alvaro.munoz@cuonorte.udg.mx

Dra. María Elena Hernández
Aguilar
elensahernandez@uv.mx

Dr. César Feliciano Pastelin
Rojas
cesar.pastelin@correo.buap.mx

Dr. José Luis Palacios Galicia
pepe.612@hotmail.com

Dra. Margarita Juárez Romero
rabex@yahoo.com

Dr. Raúl Juárez Mendieta
rawling_mvz@hotmail.com

Martín D. Oloarte
Universidad Autónoma de Tlaxcala
P r e s e n t e

Estimado Martín Oloarte,

La Sociedad Mexicana de Ciencias Urogenitales tiene el honor de informarle que su trabajo “**Inervación sensorial del glande de la rata Wistar**” ha sido aceptado para ser presentado en la sección de **Trabajos Libres 1** durante el 1^{er} Congreso de la Sociedad Mexicana de Ciencias Urogenitales y el 9th International Urogential Science Meeting a realizarse del 18 al 20 de noviembre de manera virtual a través de la plataforma Zoom.

El horario y fecha para su presentación es de **12:20 a 12:30 el jueves 18 de noviembre**. La presentación debe ser grabada en un video con formato libre pero de buena calidad, duración máxima 6 min. El idioma puede ser inglés o español. En este último caso, se solicita que las diapositivas sean en inglés, en consideración a los asistentes extranjeros. Es requisito indispensable que se encuentre disponible en línea, en el horario de su sesión, para contestar preguntas. Favor de enviar su video a yolanda.cruzg@uatx.mx a mas tardar el 15 de noviembre.

La liga al evento e instrucciones adicionales serán compartidas una semana antes de su presentación. También le invitamos a revisar el programa de los congresos en la página de la SMCU (<https://www.smcurogenital.org/>) para participar como asistente en otras conferencias y actividades de su interés.

Agradecemos su valiosa contribución para enriquecer el desarrollo de ambos congresos.

A t e n t a m e n t e

Mesa Directiva 2021-23
Sociedad Mexicana de Ciencias Urogenitales, A. C.

Neural pathways of mechanical and thermal sensory input of the glans penis to the spinal cord in rats

Martín D. Oloarte¹, Yolanda Cruz¹, Pablo Pacheco^{2,3*}

¹Neurofisiología, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, Tlaxcala, México. ²Fisiología, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. ³Fisiología, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México, C.D. México, México, México.

Introduction. Sensory information travels from sensory receptors (SR) to spinal dorsal roots (SDR). The glans penis afferent pathway is related to the dorsal nerve of the penis (DNP), a branch of the pudendal nerve (PN). In rats, the PN originates from L6 and S1 spinal segments. The DNP forms a plexus which contains connecting fibers to the major pelvic ganglion, which has afferent input from hypogastric (L1-L2) and pelvic nerves (L6-S1). In addition, the pudendal nerve has an anastomotic branch that connects to fibers arising from L3-L4 lumbosacral trunk. So, we hypothesize that the glans penis sensory information projects to the central nervous system through L1-S1 spinal dorsal roots.

Objective. To determine the SDR involved in spinal projection of mechanical or thermal afferents of the glans penis of male rats.

Methods. 12 Wistar male rats were used. The animals were manipulated according with the institutional commission for the care and use of laboratory animals (CICUAL, UNAM). In urethane anesthetized animals a laminectomy was performed to reach L1-S1 SDR. Each SDR was recorded by stainless steel electrodes connected to an amplifier and this to an oscilloscope. The glans stimulus was brushing, traction, pressure or cold or hot water.

Results: Mechanical stimulation of the glans produced electrical activity from L1 to S1 SDRs, this activity was mostly accompanied by phasic or tonic “on” responses. Phasic or tonic “off” responses were rarely present. Hot water elicited activity in most SDRs but not in L2 and L5; while, cold water produced activity in all but L5 SDR.

Conclusion. Our results suggests that glands penis sensory information enters to the spinal cord from several SDR, L1 to S1, and carries thermal input, information not previously reported. Afferent discharge from reflex nature may be present and must further be analyzed. Innervation of the penis body must be further analyzed.

Funding Source(s): CONACyT Grant number 774989



The Autonomous University of Tlaxcala and
the Mexican Society for Urogenital Sciences

Extends this certificate to:

Martín D. Oloarte, Yolanda Cruz Gómez & Pablo Pacheco

For presenting the work:

“Inervación sensorial del glande de la rata Wistar”



During the 9th International Science Meeting and the 1st National
Urogenital Sciences Meeting



Sociedad Mexicana de
Ciencias Fisiológicas

Held in Tlaxcala City, Tlaxcala, Mexico
November 18th to 20th, 2021

Dr. Yolanda Cruz
President, Mexican Society for
Urogenital Sciences

Dr. Alvaro Muñoz
Vicepresident, Mexican Society for Urogenital
Sciences

Dr. Maria Elena Hernández
Secretary, Mexican Society for Urogenital
Sciences

Dr. Cesar Pastelin
Treasurer, Mexican Society for Urogenital
Sciences



Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta
División de Ciencias Biológicas
Secretaría de Investigación Científica y Posgrado



CONSTANCIA

A **Martín Donnet Oloarte Flores**
Estudiante de Maestría en Ciencias Biológicas

Por impartir el seminario
**"Actividad electrofisiológica de las raíces espinales L1-S1 de la rata
Wistar por estimulación del glándula"**

"Por la Cultura a la Justicia Social"
Tlaxcala, Tlax., a 31 de marzo de 2022



Dra. **Margarita Martínez Gómez** Posgrado
Coord. Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta



Sistema Institucional de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma: ISO 9001-2015- NMX-CC-9001-IMNC-2015



PCBI/22-1/049-rsl



July 26, 2022

MARTIN DONNET OLOARTE FLORES

Universidad Autónoma de Tlaxcala

Fisiología

Carretera federal Puebla-Tlaxcala,

Tlaxcala, 90070

Mexico

Name as it Appears on Passport: MARTIN DONNET OLOARTE FLORES

Institution: Universidad Autónoma de Tlaxcala

Date of Birth: 04/08/1994

Country of Passport: Mexico

Dear Consular Officer,

This is an official invitation for MARTIN DONNET OLOARTE FLORES to present "The penis is not necessary the glands penis: dorsal root recordings from L1 to S1 in the rat" at Neuroscience 2022 being held November 12 – 16, 2022, in San Diego, CA.

SfN is a nonprofit membership organization of nearly 37,000 basic scientists and physicians who study the brain and nervous system. The Society's primary goal is to promote the exchange of information among researchers. For this purpose, SfN holds a prestigious annual meeting, attended by scientists and researchers from around the globe. It is considered the most important annual forum for the global neuroscience research community, offering attendees the opportunity to learn about the latest advances in brain research and to meet and network with their colleagues from top institutions around the world.

This invitation does not include any financial support for this presenter's travel, registration fees, or local expenses once they arrive at the meeting.

Sincerely,

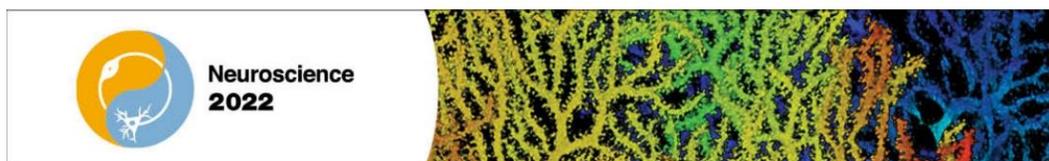
A handwritten signature in black ink that reads 'Kyle Hayden'.

Kyle Hayden, CMP

Director of Meeting Programs & Attendee Services

Society for Neuroscience

1121 14th Street NW, Suite 1010, Washington, DC 20005 | Phone: (202) 962-4000 • SfN.org



[Print this Page for Your Records](#)

[Close Window](#)

Control/Tracking Number: 2022-S-14169-SfN

Activity: Scientific Abstract

Current Date/Time: 6/17/2022 9:43:43 PM

The penis is not necessary the glands penis: dorsal root recordings from L1to S1in the rat

AUTHOR BLOCK: *M. OLOARTE FLORES¹, Y. M. DE LEÓN RAMYREZ¹, O. LARA GARCIA², M. A. LARA GARCIA³, Y. CRUZ¹, P. PACHECO⁴;

¹Univ. Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, Mexico; ²Univ. Autónoma de Tlaxcala, Xalapa, Mexico; ³Inst. de Neuroetología, Univ. Veracruzana, Xalapa, Mexico; ⁴Inst. de Investigaciones Biomédicas, Univ. Nacional Autónoma de México, Xalapa, Mexico

Abstract:

Penis innervation has been widely studied; however, little is known regarding glans penis sensorial contribution, e.g., sensorial pathway entering spinal cord or the kind of sensory information arising from the glans penis has been poorly described. In the present study, through dorsal roots electrophysiological recording and performing glans penis mechanical stimulation such as brushing, traction and pressure; as well as thermal stimulation using cold or hot water, we were able to identify the sensory path arising in the glans penis and entering the central nervous system. Results: mechanical stimulation i.e., brushing, traction or pressure to glans penis produced electrophysiological activity from L1 to S1 spinal roots, this activity was mostly accompanied by phasic or tonic "on" but phasic or tonic "off" responses were rarely present. Thermal stimulation by hot water elicited activity in most dorsal roots but not in L2 and L5; while, cold water produced activity in all but L5. These results suggests that penis innervation must be further analyzed as glans penis sensory information enters from L1 to S1 spinal segments and carries thermal information that had not been previously described.

Author Disclosure Information:

M. Oloarte Flores: None. **Y.M. De León Ramyrez:** None. **O. Lara García:** None. **M.A. Lara García:** None. **Y. Cruz:** None. **P. Pacheco:** None.

Presentation Preference (Complete): Poster Only

Linking Group (Complete): None selected

Theme and Topic (Complete): D.03.e. Stimulus feature receptive fields and response properties ; D.01.a. Spinal circuits

Nanosymposium Information (Complete):

Keyword (Complete): DORSAL ROOT ; ELECTROPHYSIOLOGY ; Glans penis

Support (Complete):

Support: Yes

Grant/Other Support: : 774989

Special Requests (Complete):

How do you plan to participate in Neuroscience 2022?: In-Person Only

Religious Conflict?: No Religious Conflict

Additional Conflict?: No

Is the presenting author of this abstract a high school or undergraduate student?: None

Status: Finalized



**SOCIETY for
NEUROSCIENCE**

1121 14th Street NW, Suite 1010
Washington, DC 20005
(202) 962-4000

[Access the Member Center](#) | [Accessibility Policy](#) | [Disclaimer](#) | [Contact Us](#)

Copyright © 2022 Society for Neuroscience

Stay Connected



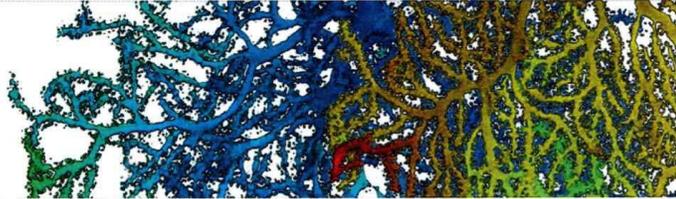
cOASIS Technical Support | Monday - Friday, 9 am - 5 pm CT | Phone: 1-217-398-1792 | Email: cOASIS.Helpdesk

[Feedback](#)

Powered by cOASIS The Online Abstract Submission and Invitation System SM
© 1996 - 2022 CTL Meeting Technology. All rights reserved. [Privacy Policy](#)



Neuroscience
2022



Neuroscience 2022
November 12-16, 2022
San Diego, CA

Please let this serve to certify that

Martín Oloarte Flores

has attended Neuroscience 2022 at the San Diego Convention Center in San Diego, CA. The person listed above has participated in the presentation listed below:

Session Type: Poster

Session Title: Responses to Touch and Map Organization in the Somatosensory System

Session Date/Time: 11/13/2022 08:00

Presentation Number: 129.17

Presentation Title: The penis is not necessary the glands penis: dorsal root recordings from L1 to S1 in the rat

The Society for Neuroscience (SfN) is a nonprofit membership organization of basic scientists and physicians who study the brain and nervous system. The Society's primary goal is to promote the exchange of information among researchers. For this purpose, SfN holds a prestigious annual meeting, attended by scientists and researchers from around the globe. It is considered the most important annual forum for the neuroscience research community, offering attendees the opportunity to learn about the latest advances in brain research and to meet and network with their colleagues at top destinations throughout the United States.

Sincerely,

Kyle Hayden, CMP
Director, Meeting Programs and Attendee Services
Society for Neuroscience

