



**Universidad Autónoma de Tlaxcala**

---

**Posgrado en Ciencias Biológicas**

Caracterización de los potenciales del dorso de la médula espinal por aferencias de los nervios perineales en la coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*)

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

P r e s e n t a

Cesar Acosta Ortega

Dra. Dora Luz Corona Quintanilla  
Dr. René Zempoalteca Ramírez

Tlaxcala, Tlax.

Diciembre, 2019



**Universidad Autónoma de Tlaxcala**

---

**Posgrado en Ciencias Biológicas**

Caracterización de los potenciales del dorso de la médula espinal por aferencias de los nervios perineales en la coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*)

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

P r e s e n t a

**Cesar Acosta Ortega**

**Comité Tutorial**

Dra. Dora Luz Corona Quintanilla

Dr. René Zempoalteca Ramírez

Dr. Ismael Jiménez Estrada

Dra. Margarita Martínez Gómez

Tlaxcala, Tlax.

Diciembre, 2019

## **FINANCIAMIENTO**

El presente trabajo de Tesis se efectuó en las instalaciones del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, Unidad Periférica del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM. Para su desarrollo y realización se contó con el financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de la Convocatoria Ciencia Básica (DCQL256990 CB 2015) y Beca de Posgrado (105882 a CAO).

La Maestría en Ciencias Biológicas está registrada en el Programa para el Fortalecimiento del Posgrado Nacional. Padrón Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC).

# ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Sistema Nervioso.....	2
1.1.1. Sistema Nervioso Periférico .....	2
1.1.2. Médula espinal.....	4
1.2. Potenciales del dorso de la médula espinal .....	11
1.3. Musculatura pélvica y perineal.....	14
1.3.1. Inervación de la musculatura pélvica y perineal.....	15
1.3.2. Aferencias pélvicas y perineales.....	17
2. ANTECEDENTES.....	19
2.1. La coneja como modelo .....	19
2.1.1. Médula espinal en la coneja.....	20
2.1.2. Musculatura estriada y pélvica en la coneja .....	22
1.1.1. Inervación de la musculatura pélvica y perineal en la coneja.....	23
2. JUSTIFICACIÓN.....	28
3. OBJETIVO GENERAL .....	29
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
5. METODOLOGÍA.....	30
5.1. Descripción de los segmentos medulares y raíces lumbosacras.....	30
5.2. Registro de potenciales del dorso de la médula espinal (CDP's).....	30
5.2.1. Disección del nervio .....	31
5.2.2. Laminectomía .....	32
5.2.3. Electroestimulación y registros CDP's .....	33
6. RESULTADOS.....	34
6.1. Descripción de los segmentos medulares y raíces lumbosacras.....	<a href="#">34</a>

6.2.	Registro de potenciales del dorso de la médula espinal .....	36
7.	DISCUSIÓN.....	39
8.	CONCLUSIÓN .....	42
9.	REFERENCIAS .....	43
10.	ACTIVIDADES ACADÉMICAS.....	49

## 1. INTRODUCCIÓN

En mamíferos el sistema nervioso está constituido por órganos extremadamente complejos. Para su estudio se puede dividir por su estructura en sistema nervioso central (SNC) y sistema nervioso periférico (SNP). El SNC está conformado por el encéfalo y la médula espinal, mientras el SNP está conformado por los nervios que conectan al encéfalo y a la médula espinal con estructuras periféricas (Haines 2003). Estas estructuras integran señales eléctricas en circuitos reflejos que regulan conductas específicas. Las redes neuronales tienen como sustrato la médula espinal como centro de integración dependen de múltiples factores como son, el tipo de tejido, receptores, fibras nerviosas, el tipo y la cantidad de estímulo (Kandel 2001). Algunas de las estructuras son poco estudiadas en la organización y distribución espinal de sus circuitos y conexiones nerviosas son la musculatura del piso pélvico y perineal, específicamente en hembras de mamífero.

La musculatura estriada del piso pélvico y perineal desempeña un papel importante en el soporte y funcionamiento del aparato urogenital de las hembras de varias especies de mamífero (Teleman y Mattiasson 2007), tienen una estrecha interrelación anatómica entre vísceras, músculos estriados, nervios y tejido conjuntivo (Wilson y Wilson 1978). La musculatura estriada del piso pélvico y perineal aparte de dar soporte a las vísceras, participan en procesos fisiológicos característicos como cópula y parto, y no reproductivos como micción y defecación (Pacheco y cols. 1989; Martínez-Gómez y cols. 1992; Shafik 1994; Cruz y cols. 2000; Corona-Quintanilla y cols. 2009).

Estudios previos muestran diferentes técnicas que evidencian la entrada de información sensitiva o aferente a la médula espinal (Beall y cols. 1977, Jankowska 2015). Sin embargo, poco se sabe acerca de la distribución de la información sensitiva en la médula espinal provenientes de la musculatura estriada perineal, tanto en humanos como en modelos de experimentación animal.

## **1.1. Sistema Nervioso**

El sistema nervioso es una red compleja de estructuras especializadas que comprenden al encéfalo, médula espinal y nervios, que regulan el funcionamiento de diversos órganos y sistemas, coordinando su interrelación y la relación del organismo con el medio externo.

El sistema nervioso está organizado para detectar cambios del medio interno y externo, llevar la información, a través de vías aferentes, para procesarla e integrarla en centros de integración, como la médula espinal o el cerebro y responder a través de vías eferentes para ocasionar cambios en músculos o glándulas. El sistema nervioso para su estudio se divide en: SNC, constituido por el encéfalo y la médula espinal, y el SNP, comprende a los ganglios y nervios (Ludwing y Romero 2015).

Tanto el sistema nervioso central como el periférico tienen dos componentes funcionales, que están estrechamente interrelacionados: el sistema nervioso somático, y el sistema nervioso autónomo, cada uno de los dos sistemas consta de elementos sensitivos y motores. El término de sistema nervioso somático, es responsable de la inervación de los músculos esqueléticos y la sensibilidad general procedente de la piel (exteroceptiva), así como de los músculos, articulaciones, tendones y aponeurosis (propioceptiva). Suele ejercer un control voluntario y posibilita una apreciación consciente de su funcionamiento. El término somático se aplica a ambas divisiones del sistema nervioso (Ullán 2012).

### **1.1.1. Sistema Nervioso Periférico**

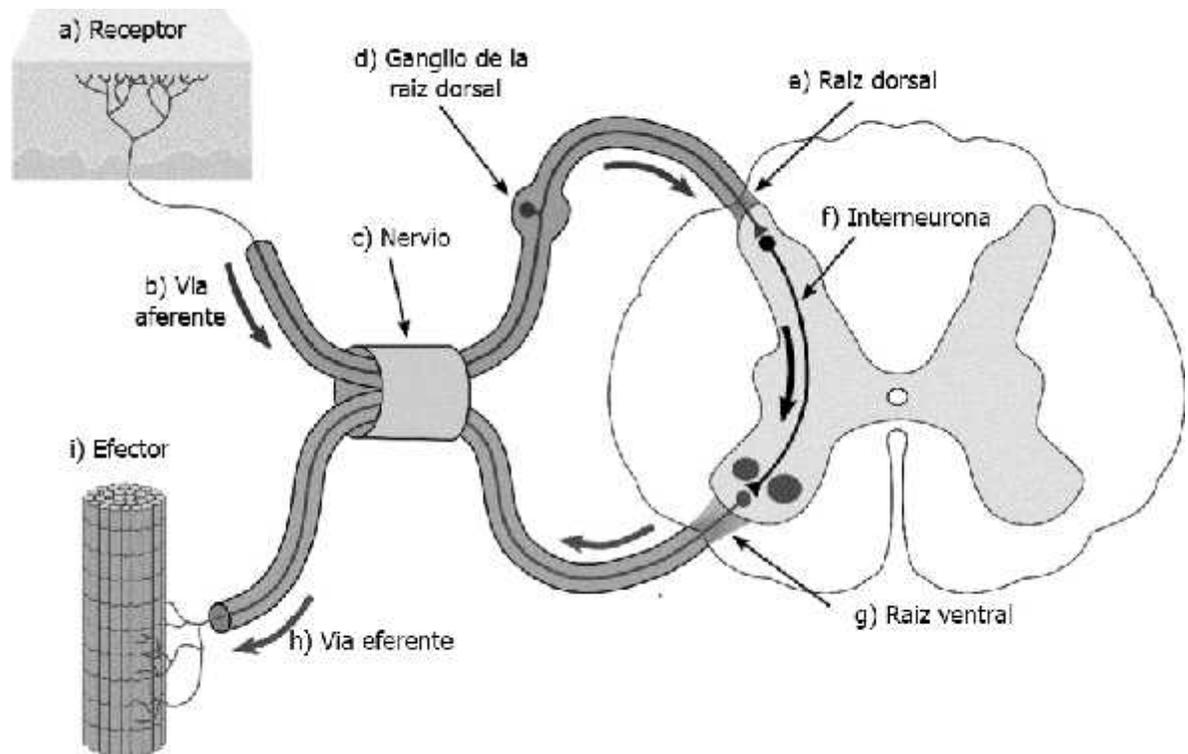
El SNP se encarga de unir los órganos, sistemas y aparatos corporales con el SNC. Consiste en los nervios y los ganglios repartidos por todo el cuerpo, en humanos está constituido por 12 pares de nervios craneales que salen del encéfalo, y por la ramificación de los 31 pares de nervios espinales o raquídeos que salen de la médula espinal entre dos vértebras. Estos nervios espinales se designan por la región que ocupan: 8 pares cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros y 1 coccígeo. Todos los nervios son prolongaciones periféricas de las neuronas agrupadas en fascículos y envueltas en vainas de mielina producida por células gliales. En conjunto forman las vías aferentes (de órganos sensitivos al centro integrador) y eferentes (del

centro integrador al efector) (Figura. 1) por las que el SNC se comunica con todo el resto del cuerpo.

Las vías aferentes o sensitivas tienen sus respectivos ganglios justo antes de entrar en el neuroeje (Figura. 1 d), en cambio, los nervios eferentes o motores carecen de ganglios, a excepción de los nervios autónomos en especial los simpáticos (Ullán 2012). Cada nervio espinal se une a la médula espinal mediante dos raíces, la raíz posterior o dorsal y la raíz anterior o ventral:

- a) Raíz posterior o raíz dorsal: los axones que la componen son sensitivos o aferentes), llevan impulsos nerviosos desde los receptores periféricos hacia el sistema nervioso central.
- b) Raíz anterior o raíz ventral: está integrada por fibras nerviosas motoras o eferentes. Son axones que llevan impulsos a los efectores. Salen del sistema nervioso central hacia la periferia donde terminan en estructuras tanto somáticas como autonómicas. Es decir, en fibras musculares tanto estriadas como lisas, y en glándulas. El cuerpo neuronal de los nervios motores está en el asta anterior o en la intermedia de la médula espinal y en los núcleos motores del tronco del encéfalo.

Una parte de los axones aferentes que forman las raíces dorsales asciende sin interrupción a través de las astas posteriores de la médula espinal, en comparación con fibras más finas provenientes sobre todo de terminaciones nociceptivas y termorreceptoras, éstas llegan a distancias cortas en la sustancia blanca medular y terminan penetrando en la asta posterior de la médula espinal (Tresguerres y cols. 1999).



**Figura 1.** Representación esquemática de un arco reflejo. Se observan los cinco elementos que lo constituye a) Receptor: órganos especializados que traduce los cambios mecánicos, de temperatura o posición del exterior por un gradiente iónico-eléctrico. b) Vía aferente: prolongaciones axonales que llevan el mensaje del receptor al centro de integración, el centro integrador (médula espinal) que integra las señales retribuidas por las aferencias las cuales entran por las astas dorsales. h) Vía eferente: prolongaciones axonales que lleva la respuesta mediada por la médula espinal y salen por la asta ventral. i) Efector: traduce las señales eléctrico-iónicas de las vías eferentes en respuestas mecánicas.

### 1.1.2. Médula espinal

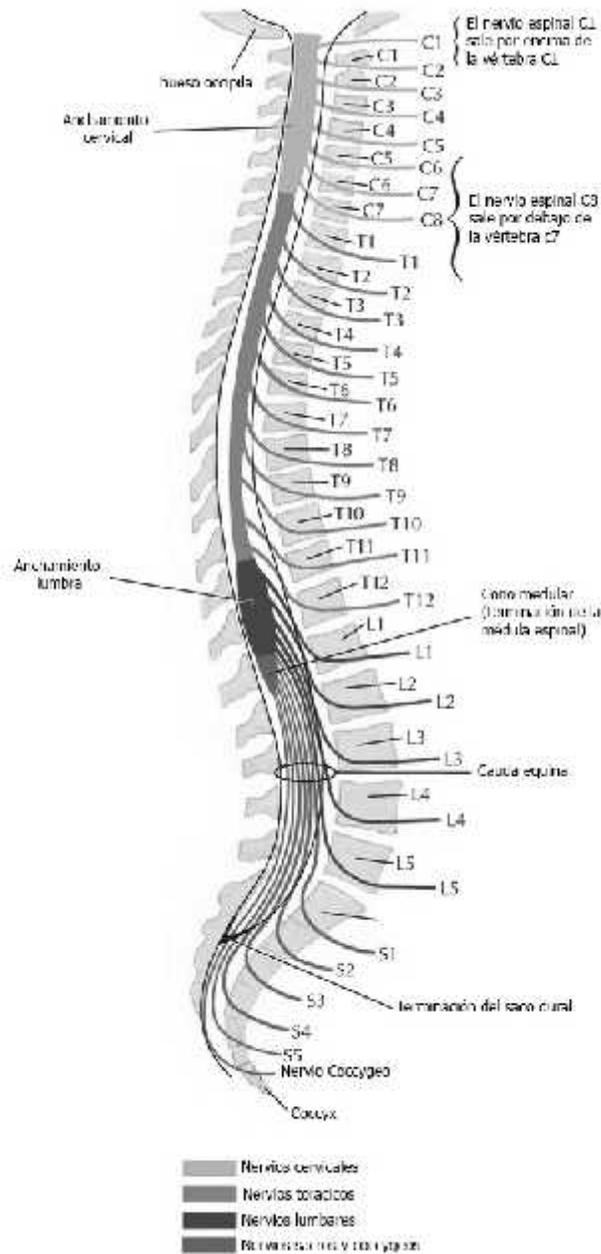
La médula espinal forma parte del SNC y se localiza en el canal vertebral que se extiende desde el extremo del bulbo raquídeo hasta el inicio del *filamentum* terminal, a nivel de la I o II vértebra lumbar, conserva la disposición segmentaria prenatal con pares de nervios espinales (Figura. 2) cada uno de los cuales se une a la médula espinal a cada lado por una raíz sensitiva (posterior o dorsal) y otra raíz motora (anterior o ventral), en la médula espinal es posible identificar dos partes muy marcadas, la sustancia blanca compuesta por tractos o vías nerviosas

y la sustancia gris compuesta por cuerpos neuronales (Figura. 1 e y g). Las vías o tractos nerviosos sirven para transmitir la información a los centros superiores los cuales mediante vías descendentes influyen en las funciones y reflejos de la médula espinal (Figura. 1). La médula espinal tiene forma cilíndrica delgada con un diámetro transversal ligeramente mayor en el asta anteroposterior, en todos los niveles las secciones transversales cambian a lo largo de su extensión, alternando entre circular y oval, así su comienzo a nivel del agujero occipital presenta forma redonda, pero en la región cervical distal pasa a ser ovalada. De nuevo en la región torácica es circular, y otra vez se aplana un poco en la región de la *intumescencia lumbar* para terminar en forma circular a nivel sacro y cóccigeo. La parte engrosada de la médula espinal coincide con las zonas que tienen las raíces de los miembros superiores e inferiores. Estas raíces contribuyen a formar el plexo braquial y el lumbosacro.

En las *intumescencias medulares* aumenta el número de células nerviosas que hacen más abultada a la médula espinal, el diámetro transversal alcanza los 14 mm en el engrosamiento entre los niveles de las raíces espinales C-5 a T-1 (cervical 5 a torácico 1); de ellos el segmento C6 consigue el máximo perímetro con unos 35 mm. De modo semejante, el engrosamiento lumbar tiene un diámetro transversal de 12 mm y el anteroposterior de 8 mm. En ellos se origina la inervación de territorios cutáneos amplios y con mayores masas de tejidos, especialmente musculares (Figura. 2). Inmediatamente, por debajo del engrosamiento lumbar la médula espinal se reduce su diámetro, de modo que termina en forma de cono cuyo extremo caudal se sitúa a nivel del disco intervertebral de las vértebras L-1 y L-2. De esta manera se conforma el cono medular, desde cuyo vértice se prolonga un delgado cordón, el filamento terminal interno o meníngeo, el cual sólo contiene células gliales con alguna neurona aislada en su comienzo (Figura. 2). Más abajo la población celular desaparece y queda un hilo fibroso de piamadre. Tal filamento desde el nivel de la segunda vértebra sacra está envuelto por la aracnoides y la duramadre de donde resulta un tubo fibroso, el filamento o hilo terminal externo (*filum terminale*) cuya longitud alcanza de 15 a 20 cm y ambos filamentos prosiguen fusionados hasta su inserción en la cara posterior del cóccix.

El canal central o conducto endimeario recorre el centro de la médula espinal en toda su longitud desde el IV ventrículo; éste es un canal derivado de la luz del primitivo tubo neural,

suele aparecer obliterado, excepto en el cono medular donde presenta una discreta cavidad ovalada, el ventrículo terminal (*ventriculus terminalis*), con una longitud de 8-10 mm y contiene el líquido cerebroespinal o cefalorraquídeo como el resto de las cavidades del neuroeje (Ullán 2012). Aunque, la médula espinal no está segmentada físicamente como las vértebras, los niveles medulares se definen en la superficie de la médula espinal por el origen de las cuatro raíces que tiene cada nivel: dos anteriores o ventrales “raíces motoras” y dos posteriores o dorsales “raíces sensitivas” (Figura. 1). En total suman 31 segmentos: 8 cervicales, 12 torácicos, 5 lumbares, 5 sacros, y 1 coccígeo (Figura. 2). Cada raíz está unida a la médula espinal mediante seis a diez raicillas delgadas. Las posteriores están en posición posterolateral, y las anteriores en posición anterolateral. La unión de las raíces posteriores con las anteriores en cada nivel respectivo se forma el nervio espinal o raquídeo, esta unión tiene lugar a su paso por el agujero intervertebral, la raíz posterior se distingue porque en ese punto muestra una ligera dilatación fusiforme, el ganglio espinal o raquídeo. El primer nervio espinal cervical sale del canal vertebral por encima de la primera vértebra cervical, el Atlas; en cambio, el nervio cervical octavo pasa por debajo del pedículo de la última vértebra cervical. Se puede diferenciar de otras regiones, específicamente en la región cervical hay ocho nervios espinales pero siete vértebras (Figura. 2).



**Figura 2.** Vista sagital de la columna vertebral, médula espinal y nervios espinales. La médula espinal se distribuye dentro de la columna vertebral. Nótese las diferencias en cuanto a las áreas en los diferentes segmentos medulares, principalmente en los segmentos cervicales y lumbosacros, además del desfase entre los segmentos medulares respecto a los segmentos vertebrales que comienza en C8 y se hace más prominente en la salida de los últimos nervios lumbares y sacros por los segmentos sacros y coccygeos (Tomado de Ullan, 2012).

Durante su trayecto por el espacio subaracnoideo, ambas raíces llevan una dirección horizontal, y luego descendente. El resto de las raíces cursan por el agujero intervertebral caudal respecto a la vértebra correspondiente. A diferencia de otras partes del neuroeje, la sustancia blanca en la médula espinal está superficial y rodea un tallo central de sustancia gris, que muestra la forma de alas de mariposa o de letra 'H' con un asta o columna posterior, otra anterior y una zona intermedia (Figura. 1). La sustancia blanca es una gruesa capa que se dispone alrededor de la sustancia gris. Está compuesta por haces de fibras, principalmente, mielínicas que cursan longitudinalmente. Unas son ascendentes, encargadas de enviar información al encéfalo; y otras son descendentes, responsables de ejercer funciones de respuesta y ejecución. Según Ullán (2012) el conjunto de las fibras longitudinales está organizado en tres cordones en cada lado:

1. Cordón posterior, queda delimitado por el tabique medio posterior, medialmente, y la asta posterior, lateralmente constituido sobre todo por largas fibras ascendentes, principalmente mielínicas.
2. Cordón lateral, es el más amplio y se localiza fuera de las astas posterior y anterior. Su límite anterior llega hasta las fibrillas de la raíz anterior. Consta de fibras tanto ascendentes, como descendentes. Presenta dos partes, una posterolateral y otra anterolateral.
3. Cordón anterior, ocupa el espacio comprendido entre la fisura media anterior y el asta anterior junto con la inserción de las raíces anteriores; lateralmente su límite con el cordón lateral es poco claro. Consta de fibras ascendentes y descendentes.

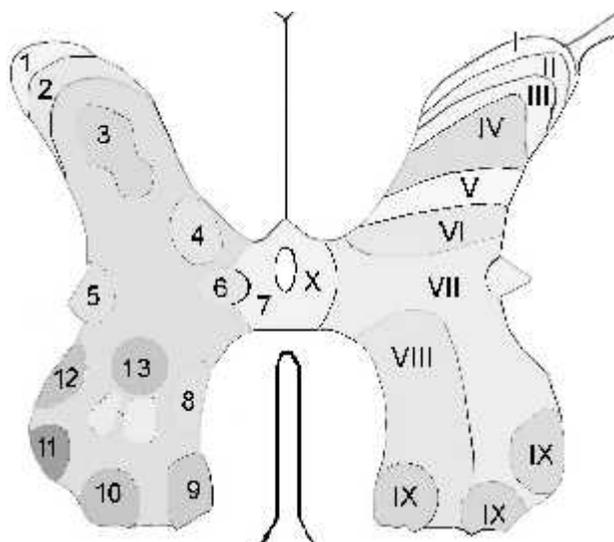
La médula espinal presenta cambios a distintas alturas, tanto de las formas que muestran la sustancia gris y la sustancia blanca, como de la proporción relativa entre ellas a lo largo de la médula espinal. Las razones de estas diferencias se deben tanto a la sustancia blanca como a la gris:

1. A nivel cervical los haces de sustancia blanca, tanto ascendentes como los descendentes, son más numerosos y gruesos. Y esto es así porque: a) Contienen todas las fibras descendentes que han de alcanzar los niveles inferiores. A medida que

alcanzan su destino en la médula espinal, van desapareciendo del cordón. También porque algunos fascículos solo están en los niveles cervicales y torácicos superiores, b) En los segmentos cervicales han de transitar todas las fibras sensitivas ascendentes originadas en los niveles inferiores del cuerpo.

2. Las columnas grises alcanzan la máxima expresión en los segmentos medulares de las intumescencias cervical y lumbar; porque en esos niveles se origina y terminan los nervios de las extremidades; lo que implica la ubicación de motoneuronas y neuronas sensitivas respectivamente. Además, en la sustancia gris, el asta posterior es más ancha en los niveles que tienen núcleo dorsal (de Clarke); es decir, entre los niveles C8 a L3, con mayor amplitud en los torácicos 10-12 (Figura. 3).

La sustancia gris de la médula espinal está dividida anatómicamente con base a su apariencia microscópica en las llamadas láminas de Rexed (Figura. 3). En el asta posterior o dorsal se integra información aferente de las raíces dorsales; en esta región se encuentran las láminas I-VI. En la zona intermedia de la sustancia gris se localizan las láminas VII y X y en el asta anterior o ventral están las láminas VIII y IX; en estas últimas láminas se localizan el soma de las motoneuronas (Noback y cols. 2005). La lámina I es el lugar de entrada de la raíz posterior y contiene algunas células del haz espinotalámico; la lámina II interviene en la modulación espinal del dolor; las láminas III a la VI se encargan del procesamiento de la información somatosensorial aferente (Tabla 1); la lámina VII está formada principalmente por interneuronas y el soma de las neuronas autonómicas preganglionares. Las láminas VIII y IX se encargan de las eferencias motoras y se encuentran motoneuronas (denominadas *alpha*) que inervan las fibras musculares estriadas de tipo extrafusar encargadas de la función motora y las motoneuronas (denominadas *gamma*) que inervan las fibras musculares de tipo intrafusar, siendo importantes en el mantenimiento del tono y la postura; la lámina X se dispone alrededor del canal espinal central y su función es desconocida (Mendoza y Foundas 2008).



**Figura 3.** Representación esquemática de la sustancia gris de la médula espinal. En la parte izquierda se representan los núcleos y en la derecha las láminas espinales (Tomado de Ullán 2012).

<b>Asta Posterior</b>	Vértice	Núcleo posteromarginal (1) o lámina espinal I, sustancia gelatinosa (2) o lámina espinal II
	Cabeza	núcleo sensible propio (3), láminas espinales III y IV
	Cuello	Corresponde a las láminas espinales V y VI.
	Base	Núcleo torácico (4) o dorsal de Clarke y en su vecindad el núcleo cornucomisural de Betcherew
<b>Zona intermediolateral</b>	Lámina VII y columnas motoras vegetativas simpática y parasimpática: núcleo intermediolateral y asta lateral (5), núcleo intermediomedial (6), sustancia intermedia central (7) o lámina espinal X	
	Medial	Subnúcleos posteromedial (8) y anteromedial (9) que inervan los músculos del cuello, tórax y

<b>Asta Anterior</b>		abdomen
	Lateral	subnúcleos anterolateral (10), para los músculos de la raíz de los miembros; posterolateral (11) para los músculos del antebrazo o de la pierna; y retroposterolateral (12) para los músculos situados en la mano o en el pie
	Central	(13), para el núcleo accesorio espinal, núcleo frénico, y núcleo lumbosacro

**Tabla 1.** Descripción de las áreas de las láminas de Rexed por los distintos núcleos medulares de la sustancia gris de la médula espinal.

## 1.2. Potenciales del dorso de la médula espinal

El potencial del dorso de la médula espinal es el registro de la activación de las interneuronas del asta dorsal de la médula espinal, debido a la información que reciben del nervio estimulado (Coombs y cols. 1956). Los potenciales del dorso de la médula espinal son potenciales evocados sensoriales, que pueden ser utilizados para evaluar el nervio sensorial proximal, la raíz del nervio dorsal y la función del asta dorsal (Van Soens y cols. 2015).

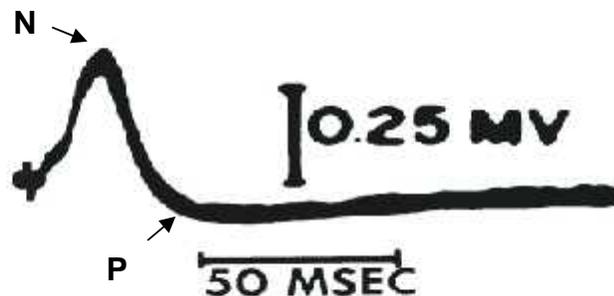
Durante la estimulación de las fibras aferentes es posible registrar potenciales en el dorso de la médula espinal. Los potenciales muestran una punta trifásica al inicio, ondas negativas denominadas N y una onda positiva lenta denominada P (Yates y cols. 1982).

Después de la estimulación de nervios periféricos puede registrarse respuestas a nivel de la médula espinal sobre su superficie. Gasser y Graham (1933) observaron que al estimular una raíz posterior es posible registrar en la superficie medular potenciales, caracterizados por una punta seguida de un potencial negativo (N) más lento y una deflexión positiva (P) tardía de larga duración, denominando "potenciales medulares intermediarios negativo y positivo" y/o "potenciales del dorso medular" (Figura. 4). Los potenciales del dorso medular están estrechamente relacionados con el tipo de fibras aferentes estimuladas; entonces los

potenciales y las neuronas que los generan serán distintos según el tipo de fibra estimulada, dependiendo si son aferentes cutáneos, musculares o viscerales (Tabla 2).

La estimulación de nervios musculares produce un campo de potencial en la médula espinal similar a los obtenidos con estimulación de aferentes cutáneos y su amplitud, así como la duración dependen del tipo de aferencia muscular (Tabla 2). En caso de que la intensidad del estímulo sea suficiente para activar sólo las fibras del grupo I, el potencial se caracterizará por una punta trifásica, una onda negativa de corta duración y una onda positiva. Estos potenciales se deben al flujo de corriente extracelular a través del espacio extracelular como resultado de los potenciales de acción en fibras nerviosas de las neuronas espinales o despolarización de las terminales aferentes primarias; los potenciales serán precedidos por un potencial de acción compuesto en las fibras aferentes primarias e incluye una serie de ondas negativas N, seguido por una duradera onda positiva P.

Las características de punta trifásica, onda negativa y positiva dependen de las fibras aferentes estimuladas (William y Willis 1980); así mismo de interneuronas que generan las ondas N2 y N3 (Figura. 4); pero dependerá del tipo de aferente, cutáneo o muscular (Coombs y cols. 1956).



**Figura 4.** Potencial del dorso de la médula espinal de un nervio motor. Nótese la deflexión negativa (N) consecuente de una punta trifásica, seguida por la deflexión (P) positiva (modificado de Bell, et al 1977).

Tipo		Receptor	Axón	Sensible a
I	Ia	Terminaciones primarias de los husos.	12 – 20 $\mu\text{m}$ mielínicas	Longitud del músculo y velocidad de cambios de la longitud.
	Ib	Órgano tendinoso de Golgi.	12 – 20 $\mu\text{m}$ mielínicas	Tensión muscular.
II		Tensión secundaria del huso muscular	6 – 12 $\mu\text{m}$ mielínicas	Longitud del músculo (sensibilidad a baja velocidad).
		Tensión no fúsales	6 – 12 $\mu\text{m}$ mielínicas	Presión profunda.
III		Terminaciones nerviosas libres.	2 – 6 $\mu\text{m}$ mielínicas	Dolor, estímulos químicos y temperatura (importantes para la respuesta fisiológica al ejercicio).
IV		Terminaciones nerviosas libres.	0.5 – 2 $\mu\text{m}$ no mielínicas	Dolor, estímulos químicos y temperatura.

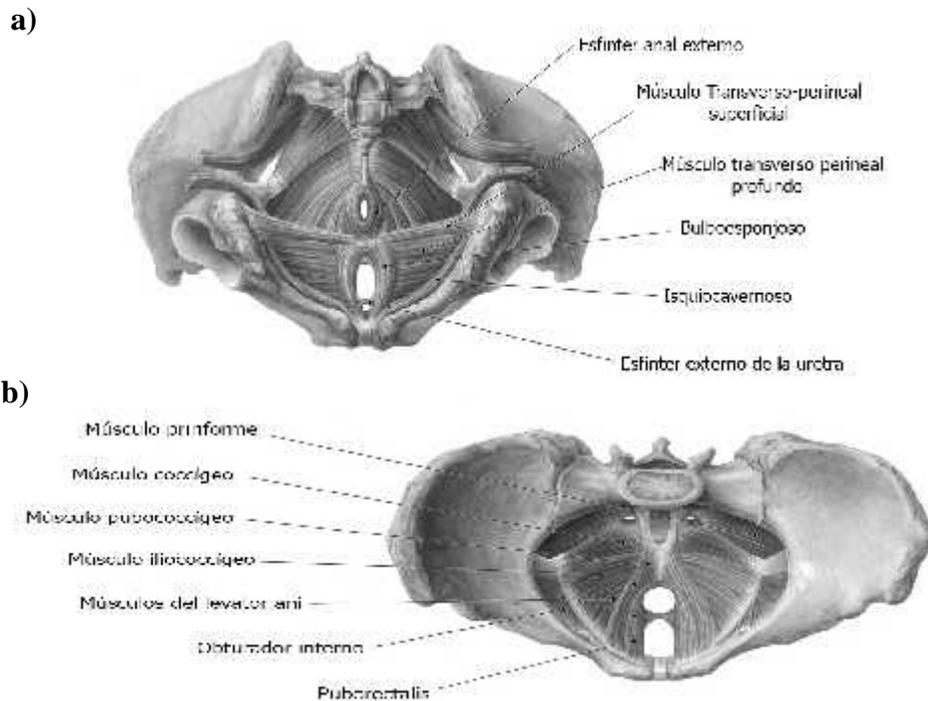
**Tabla 2.** Clasificación del tipo de fibras aferentes (modificado de Kandel y cols. 2001).

### 1.3. Musculatura pélvica y perineal

La musculatura pélvica desempeña un papel funcional en el aspecto reproductivo, en la defecación y la micción (Baber 2005). Dicha musculatura, se compone los músculos, pubococcígeo, iliococcígeo y puborectalis (DeLancey 2001) (Figura. 5). En mujeres el músculo pubococcígeo se origina en la parte posteroinferior de la sínfisis púbica y se inserta sobre la línea media de las vísceras pélvicas y en el rafe anococcígeo.

El iliococcígeo se origina en el arco tendinoso del *Levator ani* y se inserta en la línea media del rafe anococcígeo. El puborectalis se origina de la misma manera en la sínfisis púbica, sus fibras pasan de forma caudal a manera de arnés alrededor de la vagina, el recto, y el cuerpo perineal, y resulta en el ángulo anorectal para dar paso al cierre del hiato urogenital (espacio entre los tres músculos a través de la cual pasan la uretra, vagina y el recto). Caudal a la cavidad pélvica y fuera del hueso pélvico, se encuentra la región perineal donde desembocan la vagina, la uretra y el ano y se localizan los genitales externos y los músculos perineales (Figura. 5).

Los músculos de la región perineal son el músculo bulboesponjoso e isquiocavernoso, comparten funcionalidad con los músculos pélvicos ya que sostienen la parte distal de la vagina y la uretra (Herschord 2004). El músculo bulboesponjoso se origina en el centro tendinoso del periné con inserción en la membrana perineal, cuerpo del clítoris y cuerpo cavernoso rodeando la entrada de la vagina (Figura. 5). Mientras, el músculo isquiocavernoso rodea la porción superior de los labios en la vulva femenina (Shafik 1993, Herschorn 2004) y la contracción de sus fibras ejerce presión sobre la región distal de la vagina y se mantiene constante durante un estornudo o algún esfuerzo (Klutke y Siegel 1995).



**Figura 5.** Arreglo muscular estriado en la parte pélvica (a) y perineal (b). Note el origen y la inserción, así como el corrimiento de las fibras musculares (modificado de KENHUB imágenes: <https://www.kenhub.com/en/dashboard>).

Durante eventos fisiológicos como la micción los músculos estriados perineales (bulboespongioso e isquiocavernoso) y pélvicos (pubococcígeo) muestran actividad refleja coordinada por vías sensoriales-motoras que regulan la actividad muscular y la del aparato urogenital inferior (Corona-Quintanilla y cols. 2014).

### 1.3.1. Inervación de la musculatura pélvica y perineal

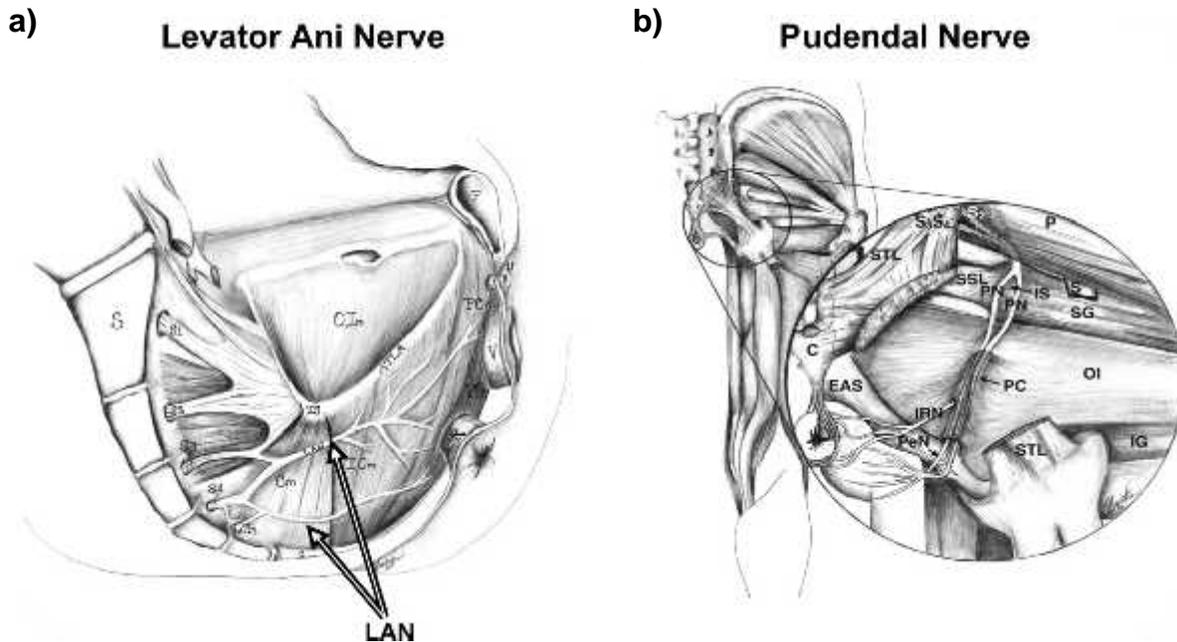
La inervación de los músculos del piso pélvico proviene de distintos nervios; uno de ellos es el pudendo (Figura. 6 B) el cual regula procesos como la continencia urinaria (Schraffordt y cols. 2009) debido a que produce la contracción del esfínter externo de la uretra durante la fase de almacenamiento de la orina (Tagliafico y cols. 2013). Otros nervios relacionados con la musculatura pélvica y perineal son el nervio pélvico (rama motora) y el *Levator ani* (fig. 6 A),

el cual se origina de los segmentos sacros 2 a 4 (S2-S4) de la médula espinal (Jünema y Thüroff 2000, Barber y cols. 2002).

Las motoneuronas de estos nervios se caracterizan por ser uniformes en su tamaño y con velocidad de conducción lenta, en comparación con las que inervan otros músculos (Morrison 2001). El soma de estas motoneuronas se encuentra en los núcleos de Onuf, ubicados en la asta ventral de la sustancia gris de los S2-S4 de la médula espinal (Jünema y Thüroff 2000). De estos segmentos medulares, también, se originan las inervaciones de los músculos estriados perineales.

Barber y colaboradores (2002) describen que en el 30% de los sujetos estudiados, los músculos del piso pélvico están inervados por fibras nerviosas que provienen de los segmentos sacros 4 y 5 (S4-S5) y el 40% de los segmentos S3-S4 (nervio del *Levator ani*); además sugieren que los músculos del piso pélvico no están inervados por el nervio pudendo.

El nervio pudendo se origina de los segmentos S2-S4 (con mayor contribución en S3) y pasa por la parte ventral del músculo piriforme, por detrás del ligamento sacro-espinoso, al músculo coccígeo y por la espina ciática, para pasar por la cavidad pélvica y la parte posterior del músculo obturador interno; aquí se divide en tronco superior e inferior. Una rama del tronco inferior inerva al esfínter externo del ano y a la piel perineal. Del tronco superior surge el nervio dorsal del clítoris, una de sus ramas inerva al clítoris y la otra, denominada nervio perineal, inerva al músculo transverso perineal, bulboesponjoso, isquiocavernoso, esfínter externo de la uretra y piel de los labios vaginales. Esta inervación representa una importante vía en el control nervioso del almacenamiento de la orina y del cierre uretral.



**Figura 6.** Distribución anatómica del nervio *Levator ani* (a) (hemipelvis izquierda, vista sagital). S, Sacro; S1-S5, fuerza sacra; LAN, nervio elevador del ano; IS, espina isquiática; ICm, músculo iliococcígeo; Oim, músculo interno obturador; PCm, músculo pubococcígeo; PM, músculo puborrectal; ATLA, arcus tendinosus levator ani; C, coxis; V, vagina; U, uretra; R, recto surgimiento de los nervios pudendo. (b) Curso del nervio pudendo a través de la región glútea y la fosa isquiorrectal (vista transglútea). Se han eliminado el glúteo mayor y el ligamento sacrotuberoso. S2-S4, raíces nerviosas sacras; P, músculo piriforme; STL, ligamento sacrotuberoso; SSL, ligamento sacrospinoso; PN, nervio pudendo; IS, espina isquiática; S, nervio ciático; SG, músculo gemelo superior; C, coxis; EAS, esfínter anal externo; PC, canal pudendo; OI, músculo interno obturador; IRN, nervio rectal inferior; PeN, nervio perineal; IG, músculo gemelo inferior (tomado de Baber y cols. 2002).

### 1.3.2. Aferencias pélvicas y perineales

Las aferencias del nervio pudendo y pélvico entran a la médula espinal, a través de la asta dorsal donde sus axones colaterales se distribuyen transversalmente alrededor del borde lateral y medial de la asta dorsal. Estas distribuciones son llamadas vías colaterales mediales y vías colaterales laterales que llevan los axones a capas más profundas dentro de la sustancia gris espinal proporcionando una densa inervación en la láminas (I, V, VII) y en la comisura dorsal (Morrison y cols. 2002). Mientras que terminales de aferentes de músculos del piso pélvico, como el esfínter externo de la uretra se encuentran en las láminas V-VII y X de la sustancia

gris (Fowler y cols. 2008). Esto indica que estas regiones a nivel lumbosacro son sitios importantes para la integración viscerosomática de músculos del piso pélvico, como el esfínter externo de la uretra y/o otros músculos perineales, como el bulboesponjoso. Por ello, es importante determinar la organización de las aferencias en la médula espinal de los nervios de los pélvicos y perineales.

## 2. ANTECEDENTES

En la coneja los músculos perineales se encuentran bien desarrollados, como en la mujer (Martínez-Gómez y cols. 1997); sin embargo, los músculos estriados pélvicos, están unidos a la vagina, pero tienen una disposición en paralelo a ella (Cruz y cols. 2010A), la musculatura perineal se encuentra protruida y se reconoce fácilmente.

Se ha propuesto que en conejas los músculos pubococcígeo, isquiocavernoso y bulboesponjoso presentan actividad electromiográfica coordinada (Figura. 8 C, D y E) durante eventos fisiológicos como la micción (Corona-Quintanilla y cols. 2014), incapaz de bloquearse con anestesia general, lo que sugiere que la actividad refleja que muestran los músculos pélvicos y perineales durante los eventos fisiológicos es coordinada por las vías aferentes y eferentes que regulan su actividad y la del aparato urogenital inferior por el sistema nervioso autónomo (Corona-Quintanilla y cols. 2014).

### 2.1. La coneja como modelo

La coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*) se caracteriza por tener cópulas y partos breves en comparación con otras especies polítoicas e incluso especies monotocas como las mujeres con parto de 10 minutos en promedio (Hudson y cols. 1999). Además, machos y hembras presentan diferentes formas de expulsar la orina dependiendo del contexto social: en cuclillas expulsan volúmenes grandes de orina; en presencia de congéneres orinan en chisguete, goteo y en rocío. Goteo y rocío han sido relacionados en machos con la función de comunicación química (Bell 1980). Aunado a dichas características conductuales se observa que la musculatura estriada de la coneja está bien desarrollada y se relaciona anatómicamente con el aparato urogenital.

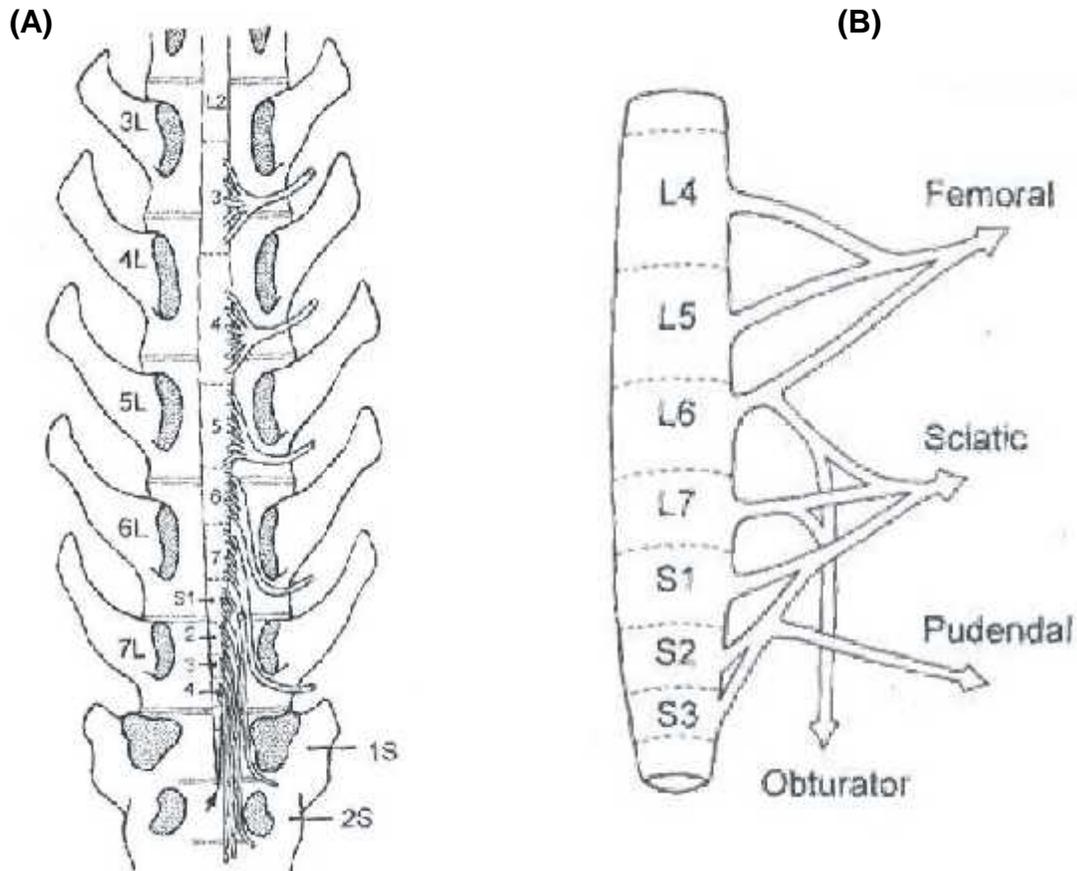
El tracto reproductivo de la coneja presenta dos úteros que terminan en dos cervices, unido a una vagina larga que se extiende por tres regiones corporales: abdominal, pélvica y perineal. La vagina pélvica se encuentra cubierta por un prominente plexo venoso y en su pared ventral se encuentra la desembocadura de la uretra.

La vagina perineal es la porción más caudal de la vagina, está protruida, fuera de la cavidad pélvica, y termina en el orificio uretro-vaginal. A estas dos regiones también se les denomina como tracto urogenital. Alrededor del tracto urogenital se encuentran músculos estriados pélvicos y perineales bien desarrollados (Martínez-Gómez y cols. 1997, Cruz y cols. 2002, 2010A, 2010B).

### **2.1.1. Médula espinal en la coneja**

En conejo los segmentos vertebrales presentan pronunciadas apófisis espinosas y transversas, al igual que en otros mamíferos existe un desfase de la médula espinal respecto a los segmentos óseos (Figura.7) que se pronuncia en mayor proporción en vertebral Lumbar 7 (L7) (Greenaway y cols. 2001).

La médula espinal tiene su origen a nivel cóndilo occipital donde emergen la mayoría de las raicillas craneales de la primera raíz cervical, se extiende caudalmente hasta el extremo caudal de la segunda vértebra sacra, donde se perfila formando el *Conus medullaris* o cauda equina, su longitud media oscila entre los 31,7 - 37,5 cm con un valor medio de unos 34,7 cm; el peso promedio aproximado se encuentra entre los 5 y 7 gramos y está formada por 37 segmentos que se dividen regionalmente en 8 segmentos espinales cervicales, 12 torácicos (T), 7 lumbares (L), 4 sacros (S) y 6 caudales (C) (Figura. 7) (Frag y cols. 2012).



**Figura 7.** Esquema de la relación entre la médula espinal y columna vertebral en la coneja (A). Note la salida de las raíces de cada segmento medular, la flecha señala la región del tejido medular en sacro 2 (S2). (B) Origen del nervio pélvico, ciático, hipogástrico y femoral según las raíces dorsales que los atribuyen. Tomado de Greenaway (2001).

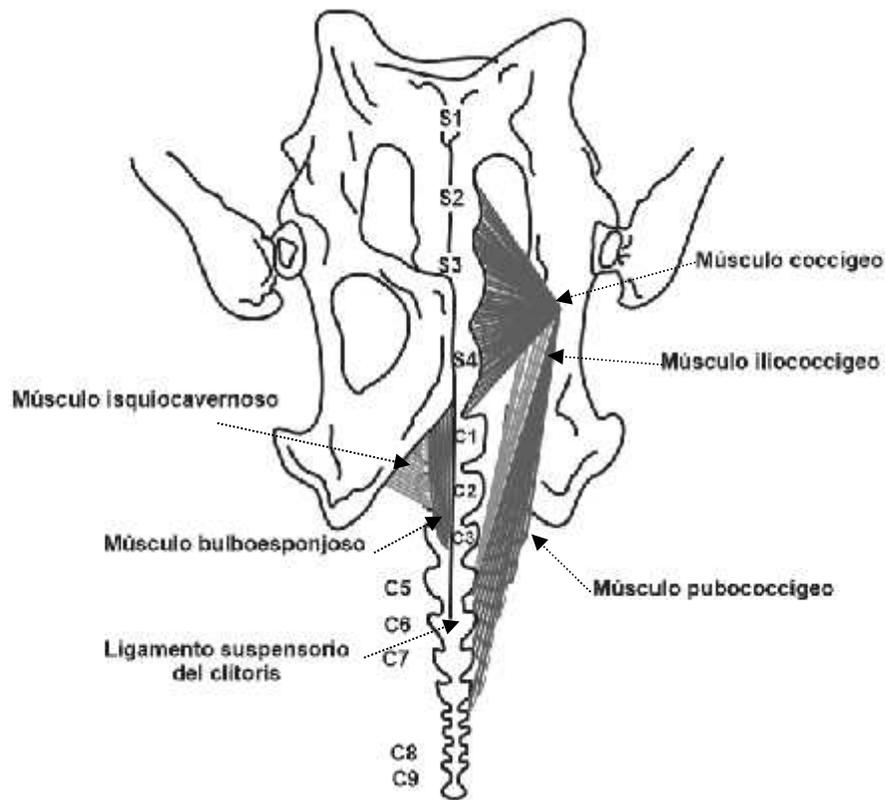
Las longitudes de unión de la raíz dorsal son mayores para los segmentos C3, T12, L1 y S1. En la región lumbar tiene el valor más alto y luego una disminución gradual. En la región sacra, comienza con un valor máximo en S1 y luego disminuye gradualmente a S4. Por su parte las longitudes de unión de la raíz ventral son mayores en los segmentos C2, T12, L2 y S1. En la región sacra comienza con un valor de longitud máxima, específicamente en S1 y disminuye gradualmente hasta el final del cordón. Los valores de las uniones de la raíz ventral son mayores que los dorsales. Los segmentos más largos se registran en C2, T12, L2 y S1, mientras que los restantes son cada vez más cortos (Frag y cols. 2012).

Aunque existen trabajos descriptivos de anatomía gruesa en la medula espinal de la coneja, aún falta especificar la entrada real y distribución de las raíces del plexo lumbosacro en la médula espinal, ya que los existentes se limitan en la descripción de raíces entrantes en los segmentos espinales, sin tomar en cuenta el desfase vertebral.

### **2.1.2. Musculatura estriada y pélvica en la coneja**

En la coneja, los músculos perineales isquiocavernoso y bulboesponjoso se encuentran bien desarrollados, como en la mujer (Figura. 8). Los músculos estriados pélvicos que se reconocen en la coneja son el obturador interno, el coccígeo, el iliococcígeo y el pubococcígeo, (Martínez-Gómez y cols. 1997), los cuales no están unidos a la vagina, pero tienen una disposición en paralelo a ella (Cruz y cols. 2010A) tal como se representa en la Figura 8.

Se ha descrito en conejas vírgenes que los músculos pubococcígeo, isquiocavernoso y bulboesponjoso presentan actividad electromiográfica durante la micción (Corona-Quintanilla y cols. 2014, Figura. 9) y en respuesta a la estimulación vagino-cervical. La estimulación mecánica con un globo lleno con solución salina, desplazado a lo largo de las diferentes regiones de la vagina, activa diferencialmente a dichos músculos. La estimulación eléctrica induce actividad electromiográfica refleja en los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso (Cruz y cols. 2002; 2010A) y del pubococcígeo (Cruz y cols. 2010B), la cual es similar a la descrita en la mujer como reflejos vagino-cavernoso y vagino-levator (Shafik 1993, 1995). Se ha mostrado que la actividad de los músculos del piso pélvico está estrechamente relacionada con las funciones del aparato genital -respuesta sexual- y urinario inferior, así como en procesos fisiológicos como la continencia y expulsión de orina-.

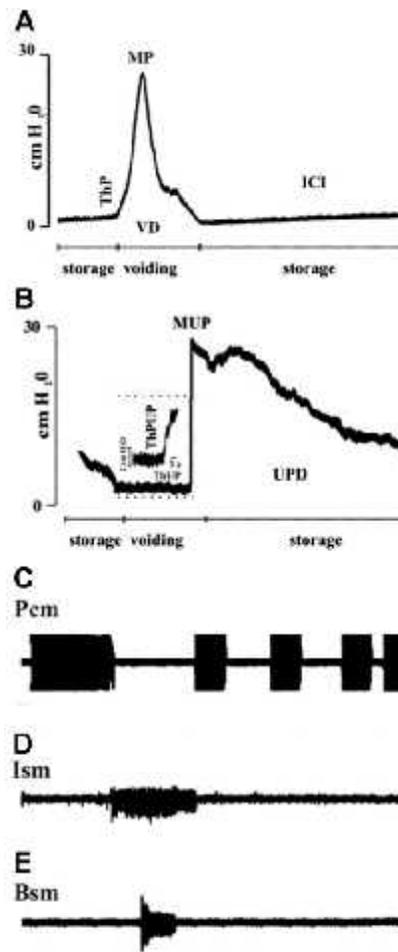


**Figura 8.** Musculatura estriada pélvica y perineal en la coneja doméstica. Señalados del lado izquierdo los músculos perineales bulboesponjoso e isquiocavernoso y en el lado derecho el músculo pélvico pubococígeo, cocígeo e iliococígeo, aunque la inserción del músculo no es dentro de la cavidad del hueso pélvico note que su origen se encuentra dentro de la cavidad pélvica (modificado de Martínez-Gómez y cols. 1997).

#### 1.1.1. Innervación de la musculatura pélvica y perineal en la coneja

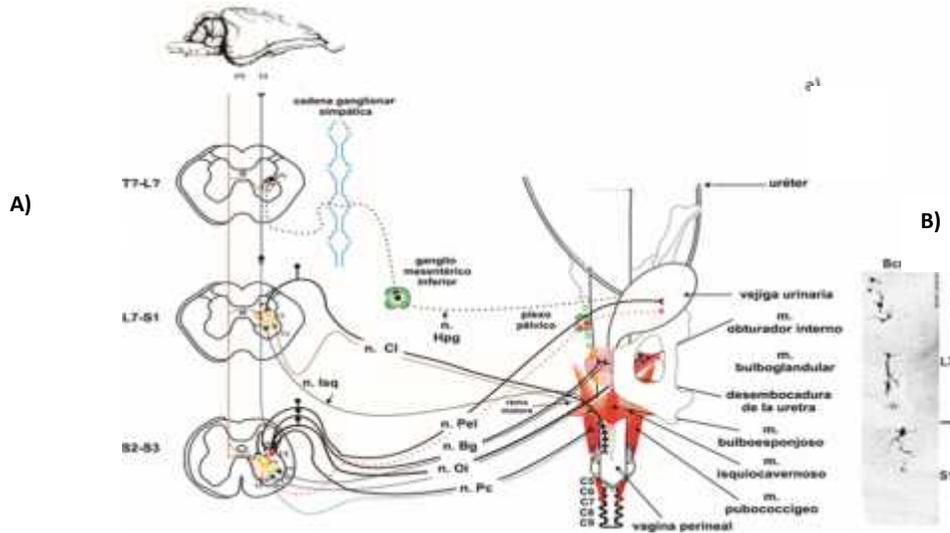
La regulación nerviosa de los músculos pélvicos y perineales se lleva a cabo por el sistema nervioso somático, el cual actúa en coordinación con el sistema nervioso autónomo para regular la función de las vísceras pélvicas. Sin embargo, la alteración de dicha musculatura, como de su innervación, por distintos factores, como las lesiones nerviosas, pueden producir alteraciones como desórdenes del piso pélvico, entre ellos: prolapsos de vísceras, incontinencia y/o retención urinaria donde la intervención terapéutica presenta resultados inconsistentes poco exitosos; ya que para entender el control de los reflejos somáticos y/o víscero-somáticos hace falta determinar los circuitos medulares que median la respuesta de los nervios pélvicos y

perineales, específicamente, la organización de las aferencias a través de los diferentes segmentos de la médula espinal, y si la distribución aferente varía en respuesta a la estimulación nerviosa en segmentos dorsales lumbosacros. Por ello, el objetivo de este trabajo es caracterizar la entrada aferente en la médula espinal del nervio del músculo bulboesponjoso en la coneja doméstica.

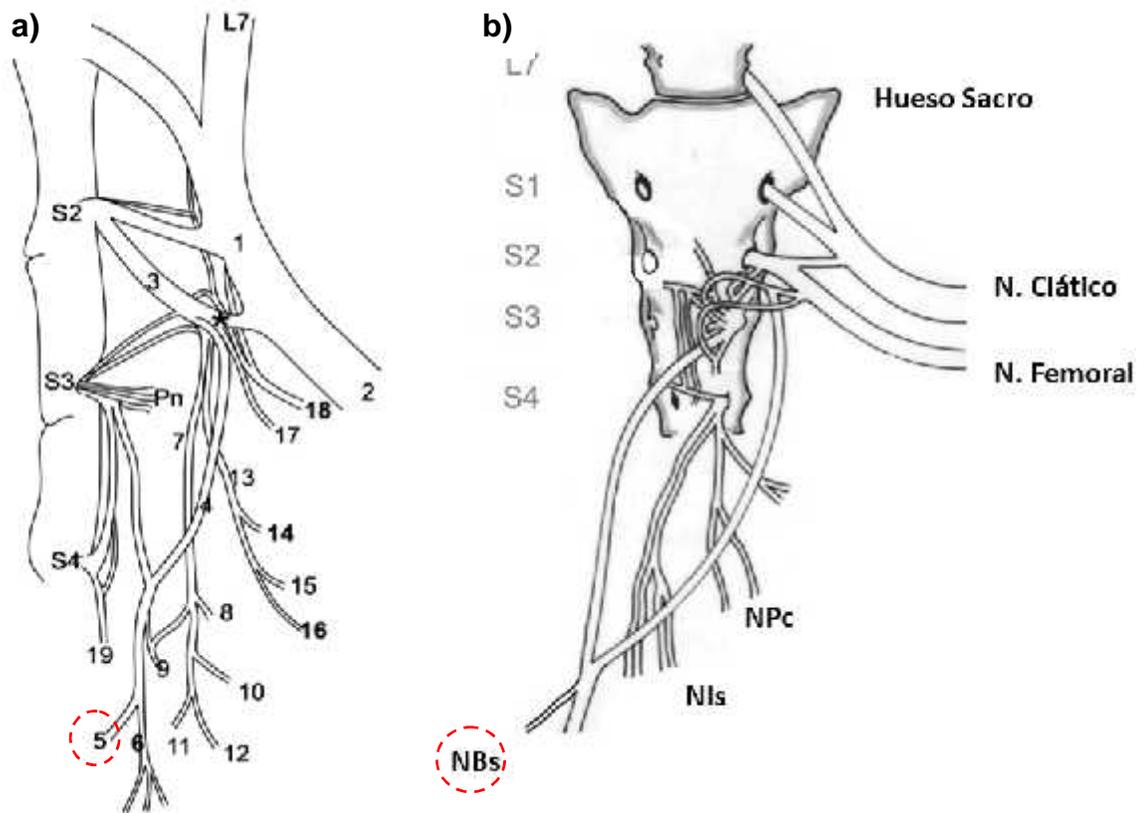


**Figura 9.** Registros simultáneos de cistometrogramas (A), presión uretral (B) y electromiogramas de los músculos pubococcígeo (C, Pcm), isquiocavernoso (D, Ism) y bulboesponjoso (E, Bsm) durante la micción en conejas anestesiadas. Se indican las fases de almacenamiento y vaciado de la micción. ThP, presión de umbral; MP, presión máxima; VD, duración de vaciado; ICI, intervalo de interconexión; THUP, umbral de presión uretral; ThtUPD, duración del umbral que desencadena la presión uretral; MUP, presión uretral máxima; UPD, duración de la presión uretral; RUP, presión para volver a la línea de base; s, segundos (modificado de Corona-Quintanilla y cols. 2014).

También, se ha propuesto que la actividad refleja de los músculos estriados pélvicos y perineales durante la micción podría estar asociada al arreglo anatómico de las motoneuronas que inervan a cada músculo (Morrison 2001). Esto último se fundamenta en que en la coneja las motoneuronas de los músculos perineales como el bulboesponjoso se ubican en distintos segmentos espinales, lumbar 7 y sacro 1 (L7-S1; Figura. 10), un mayor número de motoneuronas del músculo bulboesponjoso se localizan en el segmento espinal L7 y en menor número en S1 (Cruz y cols. 2010A). Su inervación surge de diferentes segmentos medulares, particularmente de los segmentos (Sacros) S2, S3 y probablemente en S1 (Figura. 11), lo cual lleva a suponer que la integración de las aferentes en la médula espinal del nervio del músculo bulboesponjoso se distribuyen desde los segmentos medulares L6 a S2.



**Figura 10.** Modelo de las vías nerviosas involucradas en la actividad refleja de los músculos pélvicos y perineales en la coneja (A tomado de Corona-Quintanilla et al., 2015). Localización de motoneuronas del músculo bulboesponjoso marcadas con peroxidasa de rábano (B, Cruz y cols. 2010). n. Hpg= nervio hipogástrico, n. Cl= nervio clítoral, n. Isq= nervio del músculo isquiocavernoso, n. Pel= nervio pélvico, n. Bg= nervio del músculo bulboglandular, n. Oi= nervio del músculo obturador interno y n. Pc= nervio del músculo pubococcígeo.



**Figura 11.** Organización de los nervios lumbosacros en conejas. Los círculos punteados de color rojo se refieren al nervio del músculo bulboesponjoso, a) = Cruz y cols. 2017 y b) Castelán y cols. 2018. Nótese que los segmentos lumbosacros donde se originan las raíces corresponden los segmentos óseos (vértebras), no a los segmentos medulares.

Registros sobre la superficie de la médula espinal como resultado de los potenciales de acción en fibras nerviosas de las neuronas espinales o despolarización de las aferencias (William & Willis, 1980), en respuesta a la estimulación nerviosa, podrían permitir realizar mapas neuroanatómicos detallados sobre las vías y regiones donde se integran las aferencias (Moffitt y Warren , 2004), debido al flujo de corriente a través del espacio extracelular (Eccles y Krnjevic, 1959).

En gato durante eventos fisiológicos como la micción la transmisión de la información aferente es a través de varios circuitos que integran la información en diferentes poblaciones de interneuronas. Tras la estimulación de una rama sensorial del nervio pudendo se registraron potenciales en el dorso de la médula en los segmentos medulares L7-S2. Los potenciales de

campo más grandes se localizaron dentro del segmento S1 (Buss y Shefchyk, 1999). En el modelo de la coneja, se han registrado potenciales en el dorso después de la estimulación cutánea de las extremidades posteriores (Koki Shimoji y cols. 1975) y durante el reflejo de micción (Hernández-Bonilla 2013). Se han observado componentes durante la fase de expulsión de orina, posiblemente por toda la información que desencadena la contracción vesical y musculatura estriada perineal, como el músculo bulboesponjoso (Hernández-Bonilla 2013). Sin embargo, hace falta determinar las regiones por las cuales se distribuyen las aferencias, específicamente las del músculo bulboesponjoso, músculo que contribuye al mecanismo de vaciamiento durante la fase de expulsión.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los componentes del piso pélvico y perineal desempeñan un papel importante en el soporte y funcionamiento del aparato urogenital de las hembras de varias especies de mamífero (Teleman y Mattiasson 2007); presentan una estrecha interrelación anatómica entre vísceras, músculos estriados, nervios y tejido conjuntivo (Wilson y Wilson 1978). Específicamente, la musculatura estriada del piso pélvico y perineal, aparte de dar soporte a las vísceras, participa en procesos fisiológicos característicos como cópula y parto, y no reproductivos como micción y defecación (Pacheco y cols. 1989; Martínez-Gómez y cols. 1992; Shafik 1994; Cruz y cols. 2000; Corona-Quintanilla y cols. 2009). Durante eventos fisiológicos como la micción los músculos estriados perineales (bulboesponjoso e isquiocavernoso) y pélvicos (pubococcígeo) muestran actividad refleja coordinada por vías sensoriales y motoras que regulan la actividad muscular y la del aparato urogenital inferior (Corona-Quintanilla y cols. 2014). Sin embargo, la alteración de dicha musculatura, como de su inervación, por distintos factores, como las lesiones nerviosas, pueden producir alteraciones como desórdenes del piso pélvico, entre ellos: prolapsos de vísceras, incontinencia y/o retención urinaria; donde la intervención terapéutica presenta resultados inconsistentes y poco exitosos; debido a que hace falta información para entender los circuitos medulares que regulan los reflejos somáticos y/o víscero-somáticos, específicamente, en la organización de las aferencias a través de los diferentes segmentos de la médula espinal, y si su distribución medular varía en respuesta a la estimulación nerviosa en segmentos dorsales lumbosacros. Por ello, el objetivo de este trabajo fue caracterizar los potenciales del dorso de la médula espinal por aferencias de los nervios perineales en la coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*).

### **3. OBJETIVO GENERAL**

- Caracterizar los potenciales del dorso de la médula espinal por aferencias de los nervios perineales en la coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*).

### **4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir la anatomía de los segmentos medulares y raíces lumbosacras en la coneja
- Determinar los potenciales del dorso de la médula espinal en respuesta a la estimulación de aferentes del nervio del músculo bulboesponjoso
- Determinar los segmentos lumbosacros donde se distribuyen las aferencias en la médula espinal del nervio del músculo bulboesponjoso.

## 5. METODOLOGÍA

Se utilizaron conejas jóvenes vírgenes (n=10) de la raza Chinchilla de entre  $6 \pm 8$  meses de edad. Las hembras fueron alojadas en jaulas individuales de acero inoxidable (50 x 60 x 40 cm) bajo condiciones de bioterio en el Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta (Universidad Autónoma de Tlaxcala) con ciclo luz-oscuridad de 16:8 h (la luz se enciende a las 6:00 am) a temperatura de  $24 \pm 2$  °C, con 200 gramos de alimento (Purina Coneja Chow) y agua *ad libitum*. Las conejas fueron divididas en dos grupos: 1) Descripción de los segmentos medulares y raíces lumbosacras (n=4) y 2) Registro de potenciales del dorso de la médula (n=6).

### 5.1. Descripción de los segmentos medulares y raíces lumbosacras

Las conejas fueron anestesiadas con uretano (Sigma Chemical, USA; 1.5 g/Kg diluido al 20% en agua destilada), administrado por vía intraperitoneal (Sigma Chemical, USA; 0.9 g/Kg. Diluido al 20 % en agua destilada), una vez sedada se rasuró la parte dorso-caudal, el animal fue colocado en posición de cubito prono, se realizó una incisión sagital en la piel dorso-caudal desde el segmento L6 hasta S2, y se descubrió la musculatura paraespinal. Las hemorragias fueron detenidas a través de hemostasia local con la ayuda de pinzas Kelly y Halsted, se retiraron los segmentos vertebrales con gubias estilo FRIEDMAN hasta descubrir la entrada de las raíces en la médula espinal. Se sacaron imágenes y medidas con un vernier digital en las raíces de la médula espinal.

### 5.2. Registro de potenciales del dorso de la médula espinal (CDP's)

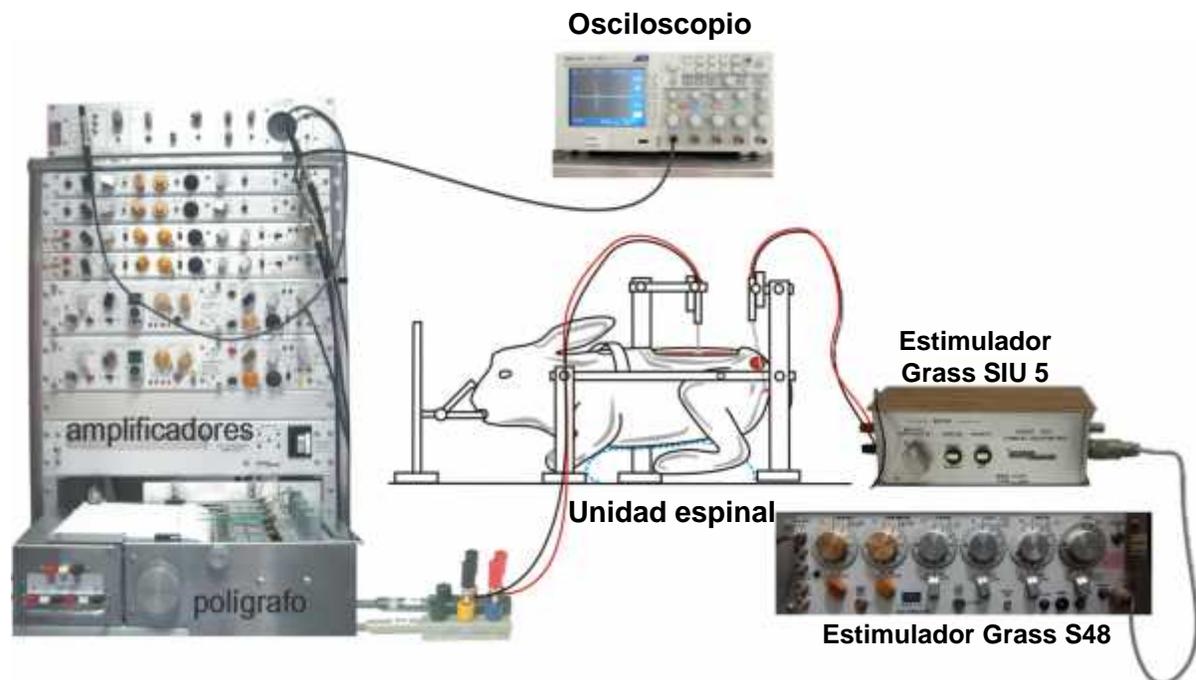
Para el registro de CDP's la metodología se realizó en 3 fases:

- 1) Disección del nervio del músculo bulboesponjoso en posición supina.
- 2) Laminectomía en posición de cubito prono e identificación del nervio del músculo bulboesponjoso por la parte posterior.

### 3) Electroestimulación y registros CDP's.

#### 5.2.1. Disección del nervio

Las conejas fueron anestesiadas con uretano (Sigma Chemical, USA; 1.5 g/Kg diluido al 20% en agua destilada), administrado por vía intraperitoneal. Una vez sedada se rasuró la parte pélvica-perineal, así como de la parte dorsal descubriendo la parte caudal incluyendo la cola. Se colocó en posición supina para localizar y disectar el nervio del músculo bulboesponjoso, para ello se hizo un corte cutáneo latero-sagital tomando como referencia al músculo bulboesponjoso con un bisturí del número 4 hasta descubrir la parte superficial de las fascias, con pinzas de disección de punta fina estilo suizo y rectas, de acuerdo a Cruz y cols. (2017) el nervio fue referido anatómicamente con hilo de color azul. Posteriormente, se colocó una recubierta de látex lubricado y se suturó el área de disección con la ayuda de una pinza porta agujas de Mayo- Hegar e hilo de seda.



**Figura 12.** Esquema del método de registro de los potenciales del dorso de la médula espinal.

En posición de cubito prono se realizó una incisión lateral al área caudal descubriendo al músculo bíceps femoral, se abrió campo y se desinsertaron algunas fibras, se tuvo cuidado de que las hemorragias no fueran excesivas, hasta localizar el nervio previamente referido con el hilo azul, tomando como referencia la disposición anatómica del nervio clítoral.

Una vez localizado, se removió el hilo de referencia, se cubrió con aceite mineral y se colocó en un par de electrodos con punta de gancho de 0.5 mm de diámetro conectados a un electro estimulador Grass SIU 5<sup>a</sup> (fig. 12).

### **5.2.2. Laminectomía**

La coneja anestesiada fue fijada en una unidad espinal en posición de decúbito prono con las extremidades extendidas, para mantenerla inmóvil, como se muestra en la Figura 12. El isquion pélvico se aseguró con lápices de estereotáxico, en el área abdominal se colocó una almohadilla de material foamy para amortiguar el peso y no tensar los puntos de donde el animal estuvo sujeto, así como en la parte de la cabeza. En esta posición, se realizó una incisión en la piel de la región dorsal, lumbosacra, siguiendo la línea media dorsal para desinsertar la musculatura paraespinal (músculo *multifidis*, *longissimus lumborum* y *longissimus dorsi*) de derecha a izquierda, las hemorragias fueron paradas con hemostasia local y ayuda de unas pinzas Kelly y Halsted.

Una vez localizadas las vértebras y evitando hemorragias, se limpiaron con la ayuda de una legra para remover musculatura adyacente a las estructura óseas, posteriormente se realizó una laminectomía cortando las apófisis dorsales junto con la lámina ósea que recubre la médula espinal en la región lumbosacra con ayuda de una gubia Miltex Premium 17-480 para los segmentos más pequeños y FRIEDMAN para los segmentos más amplios, lumbar 5, 6 y 7 (L5, L6, L7), así como sacro 1 (S1) posteriormente se expuso el saco medular se cubrió con aceite mineral para aislarlo del medio, la dura madre fue cortada y colocados lo electrodos para su registro.

### **5.2.3. Electroestimulación y registros de CDP's**

Para el registro de los potenciales del dorso de la médula espinal a nivel lumbosacro se utilizaron electrodos bipolares de plata clorurados con un polo colocado en el dorso de la médula espinal, en forma esférica para no lesionar el tejido, y el otro insertado en los músculos paravertebrales.

Los electrodos de estimulación fueron conectados a un estimulador Grass SIU 5 con el que se aplicó voltaje de intensidad graduada (V), con una duración de 0.05 ms y frecuencia fija (Hz). De manera inicial, se aplicaron estímulos simples para encontrar el valor umbral. En seguida se aplicaron los estímulos multiplicando los valores umbral hasta alcanzar el registro de los potenciales del dorso de la médula espinal. Las señales fueron amplificadas y enviadas a un osciloscopio Tektronix TDS2024 donde posteriormente se analizó un registro obtenido de un promedio de 16 eventos en cada uno de los segmentos medulares desde L5 hasta S2, para el nervio del músculo bulboesponjoso.

## **6. RESULTADOS**

Los resultados presentados en este apartado corresponden a: 1) Anatomía gruesa del plexo lumbosacro de cuatro conejas jóvenes vírgenes ( $n = 4$ ) de entre  $6 \pm 8$  meses de edad. 2) Potenciales registrados en el dorso de la médula espinal de los segmentos L5 a S2 en respuesta a la estimulación eléctrica del nervio del musculo bulboesponjoso ( $n = 6$ ) anestesiadas con uretano intraperitoneal.

### **6.1. Descripción de los segmentos medulares y raíces lumbosacras**

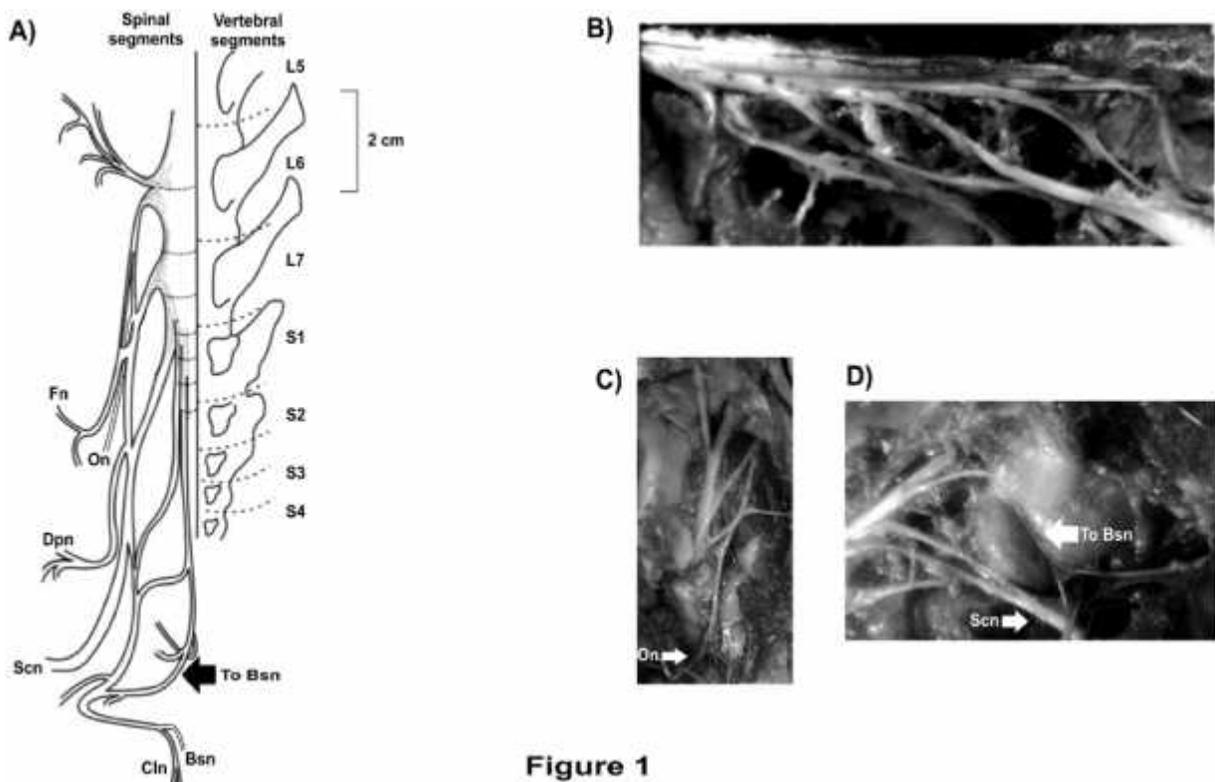
En la coneja doméstica, la médula espinal está formada por 37 segmentos vertebrales que se dividen en 8 segmentos cervicales, 12 torácicos, 7 lumbares, 4 sacros y 6 caudales, regiones que se corroboraron en esta anatomía, los procesos espinosos lumbares que componen a la columna vertebral son largos, anchos y altos, existe un espacio de  $0.4 \pm 0.12$  cm entre las vértebras laterales en forma de canal, con un ángulo de  $39 \pm 2^\circ$  de inclinación, además de presenta significativos forámenes sanguíneos en los segmentos S1 y L6.

La región vertebral sacra está formada por cuatro vértebras fusionadas, que forman el hueso sacro que midieron un aproximado de  $5.2 \pm 0.4$  cm. El hueso sacro presento agujeros intervertebrales que corresponden a cada vértebra. Para otros segmentos vertebrales, los orificios son laterales y estaban formados por dos vértebras adyacentes. La región espinal sacra mide  $1.9 \pm 0.3$  cm y forma cuatro segmentos espinales en forma de pirámide, unidos consecutivamente por tejido fibrotendinoso en la parte ventral de las vértebras hasta los segmentos coccígeos.

La médula espinal tiene un desfase prominente respecto a los segmentos vertebrales de un segmento, mismo que en L7 y S1 vértebra se hace prominente pudiendo identificar los diferentes segmentos sacros el cono medular. En los segmentos lumbosacros (L5-S4) la médula espinal mide  $4.48 \pm 1.2$  cm.

Las raíces de la médula espinal salen de la columna vertebral siguiendo la dirección de sus respectivas formas intervertebral, las raíces espinales sacras encontraron sus respectivos orificios intervertebrales en la superficie ventro-medial del hueso sacro.

Las raíces nerviosas de lumbar 6 al sacro 4 tuvieron un cambio gradual de longitud respecto a vértebras de segmentos medulares anteriores, del lumbar 4, 5 y 6 emergieron las raíces nerviosas que contribuyeron al nervio espinal femoral. De lumbar 6 y 7 contribuyeron al nervio obturador, el sacro 1 y algunas fibras del sacro 2 y el sacro 3 forman el tronco lumbosacro, que da lugar al nervio ciático (Figura. 13) y la inervación de la región glútea. Específicamente, desde sacro 2 hasta sacro 3 se origina en el extremo superior las ramas del esfínter anal y uretral, así como el músculo bulboesponjoso y el isquiocavernoso (Figura. 13).



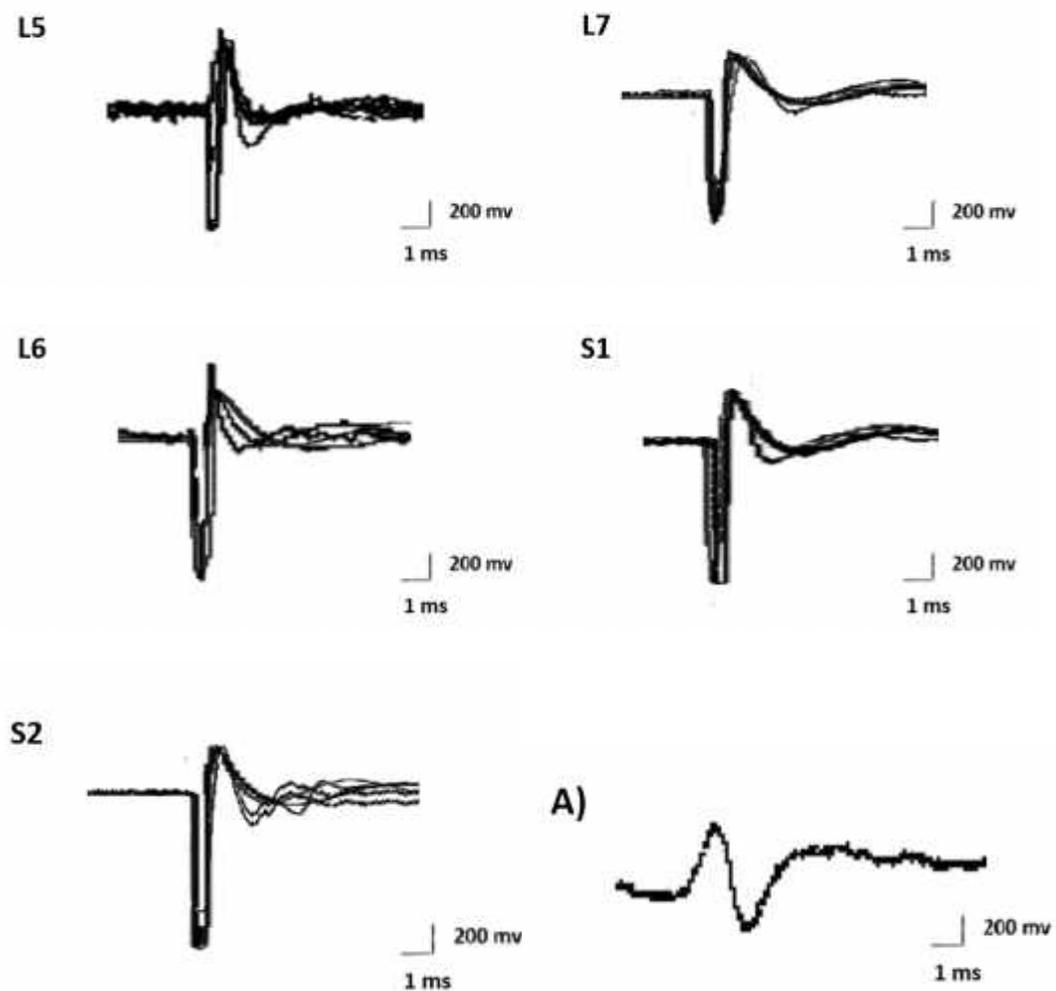
**Figure 1**

**Figura 13.** Raíces en el plexo lumbosacro de la médula espinal, (A) desfasamiento de la médula espinal respecto los segmentos óseos, Fn = Nervio Femoral, Dpn = Nervio distal perineal, Scn = Nervio ciático, Bsn = Nervio del músculo bulboesponjoso, Cln = Nervio clitoral. (B) imagen representativa de las raíces lumbosacras en el conejo. (C) Rama nerviosas del músculo bulboesponjoso

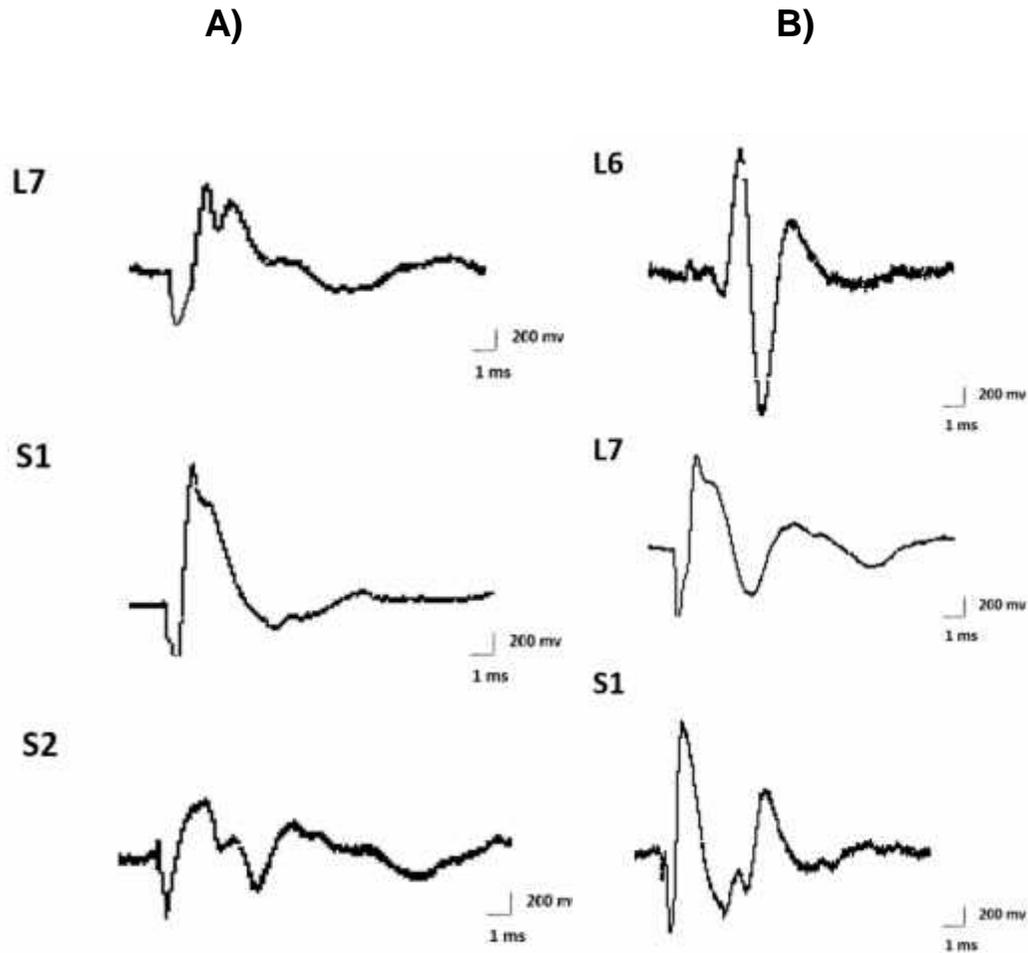
## **6.2. Registro de potenciales del dorso de la médula espinal**

Después de la estimular eléctricamente el nervio del músculo bulboesponjoso se registró el artefacto del estímulo, una intensidad de 0.3 mv en el dorso de la médula espinal desde los segmentos L5-S2. Sin embargo, no pudieron registrarse potenciales en el dorso de la médula en los segmentos L5, L6 y S1; ya que al aplicar estímulos eléctricos de alto voltaje se registraron algunas ondas, pero al cambiar la polaridad las ondas, con el artefacto, se invirtió su polaridad. A excepción de algunas oscilaciones registradas en los segmentos L7 y S2, tal como se aprecia en la Figura 14.

Debido, a que la estimulación eléctrica del nervio del bulboesponjoso sólo produjo algunos potenciales en los segmentos L7 y S2 (Figura 14) se tuvo que descartar, que el sistema de registro no fuera el problema. Para ello, se estimuló nervios del tronco ciático y la rama sensorial del clítoral, simultáneamente, se registraron potenciales del dorso de la médula en los segmentos espinales L7 y S2 (n=2). Ambas estimulaciones produjeron potenciales del dorso de la médula en los segmentos L7 y S2 (Figura 15). Los potenciales del dorso de la médula se caracterizaron con diversos componentes en ondas negativas y positivas (N y P), como se representa en la Figura 15. Asimismo, se registraron potenciales espontáneos en los segmentos superiores (Figura. 14 A).



**Figura 14.** Registros de potenciales en el dorso de la médula (CDP's) con polaridad invertida en los segmentos lumbares (L5, L6 y L7) y sacros (S1 y S2). A) Registro representativo de CDP's espontáneo durante la estimulación de la rama sensorial del nervio clítoral en los segmentos lumbares L6. Los registros en cada segmento medular son promedio de 16 eventos.



**Figura 15.** Registros de potenciales en el dorso de la médula (CDP's) con polaridad invertida. A) CDP's en los segmentos lumbares (L6 y L7) y sacros (S1 y S2) en respuesta a la estimulación eléctrica del nervio clitoral. B) CDP's en los segmentos L6 y S1 a sacro 1 después de la electroestimulación del tronco ciático. Los registros se obtuvieron del promedio de 16 eventos.

## 7. DISCUSIÓN

En este trabajo se caracterizó la anatomía de los segmentos medulares y raíces lumbosacras; así como los potenciales del dorso de la médula espinal por aferencias de los nervios perineales en la coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*). Se encontró que de segmentos espinales L6-S2 emergen la mayoría de raíces que componen el llamado plexo lumbosacro. Asimismo, la estimulación eléctrica del nervio del músculo bulboesponjoso sólo produjo algunos potenciales del dorso en los segmentos L7 y S2. Mientras, la estimulación eléctrica de los nervios del tronco ciático y de la rama sensorial del clítoral produjo potenciales del dorso de la médula en los segmentos espinales L7 y S2. Estos potenciales se caracterizaron por tener varios componentes en ondas negativas y positivas, N y P.

El modelo de la coneja con base a su nivel de complejidad presenta mayor similitud con los humanos a diferencia de la rata o el gato, además de que es un modelo animal que se adquiere fácilmente y es, razonablemente, económico de mantener (Wu y cols. 2016); por lo que es una especie que presenta ciertas características, que la hacen un modelo idóneo y adecuado para el estudio de la musculatura pélvica-perineal y control de reflejos somáticos y/o viscerosomáticos del área pélvica-perineal; asimismo presenta dicha musculatura se encuentra bien desarrolladas y definida, tal como lo describe Martínez - Gómez y cols. (2010).

La coneja es un modelo donde, recientemente, se ha descrito desde el origen vertebral la organización anatómica del plexo lumbosacro (Cruz y cols. 2017). Para este trabajo, fue necesario describir la anatomía de la médula espinal lumbosacra. Nosotros observamos que en la coneja la médula espinal tiene 7 segmentos lumbares y 4 sacros de los segmentos espinales lumbosacros, distribución anatómica similar a la descrita por Greenaway y cols. (2001). Además, observamos 6 segmentos caudales. Encontramos que el nervio femoral origina en lumbar 5-6, con una posible contribución de lumbar 4. Tal hallazgo difiere de lo descrito por Greenaway y cols. (2001), donde indica su origen de lumbar 4. En cambio, el nervio obturador se originó en lumbar 6-7; otros trabajos han descrito que en el 63.3% de los casos en la raza Nueva Zelanda se origina de esos segmentos (Medeiros y cols 2019). Estas diferencias pueden deberse a que en la raza Chinchilla, las raíces espinales están ampliamente distribuidas en los segmentos espinales, lo que dificulta definir específicamente las regiones de estos segmentos.

También observamos que el cono medular comienza desde la última vértebra lumbar hasta la segunda vertebral sacra. A diferencia de Greenaway y cols. (2001), que describe que éste se extiende desde la vértebra sacra 1, donde emergen las raíces, hasta los segmentos vertebrales 2-4. Las diferencias podrían deberse a las variaciones anatómicas de la cepa y la diferencia de edad de los animales utilizados (Alizadeh y cols. 2018).

Para la inervación del músculo bulboesponjoso se identificó un nervio espinal después de las anastomosis sacra 1-IV, donde se forma el plexo lumbosacro; a partir de ahí se identificó el nervio dorsal del clítoris y la rama que inerva el nervio del músculo bulboesponjoso. Nuestra descripción correspondió a la de Cruz y cols. (2017); donde se describe que de sacro 2-3 emerge el nervio pudendo y se divide en el nervio del músculo bulboesponjoso y el nervio dorsal del clítoris. En general, existe una diferencia en la distribución lumbosacra de la coneja, específicamente por los distintos patrones en la organización de la inervación lumbosacra (Greenaway y cols. 2001; Cruz y cols. 2017; Medeiros y cols. 2019). Por ello, resulta determinante describir la anatomía macroscópica de la médula espinal, específicamente para los modelos de lesión y / o regeneración.

Los potenciales del dorso de la médula espinal permiten registrar la activación de las interneuronas del asta dorsal de la médula espinal, debido a la información que reciben del nervio estimulado (Coombs y cols. 1956). Asimismo, es una técnica electrofisiológica que permite la descripción anatómica espinal, además de evidenciar la distribución, presencia o ausencia de información aferente de un nervio periférico (Van Soens y cols. 2015). En el modelo de la coneja doméstica no se encuentran registros de la distribución aferente de la musculatura estriada perineal, sin embargo, este estudio permitió registrar potenciales en el dorso medular después de la estimulación eléctrica de ramas sensoriales como la rama del ciático y el nervio clítoral ambos con componentes inhibitorios (P) y excitatorios (N) diferentes en cada nivel medular. Para el nervio clítoral hay una cantidad importante de potenciales del dorso de la médula espinal, desde L7 a S2, con mayor cantidad de componentes excitatorios en S2 de alta amplitud, sin embargo para la rama del ciático los niveles más altos de amplitud en los componentes excitatorios fue en el segmentos L7 aunque también se registró actividad desde L6 hasta S2, es importante señalar que se tuvieron

dificultades para registrar CDP's libres de ruido con electrodos de punta esférica de acuerdo a la metodología de Willian y Willis (1980), no obstante pudimos clarificar la señal con un atenuador How Bag 5124 series, probablemente con los nuevos sistemas de registro y electrodos de punta con terminación en placa permita el registro de una señal más limpia, como lo describe Jankowska (2015).

Para el nervio del músculo bulboesponjoso no sé obtuvieron registros del potencial del dorso de la médula; aunque se incrementaron los estímulos a 10 umbral. Al ser un nervio con características motoras, probablemente, presente escasas fibras aferentes o carezca de ellas; porque para los humanos se ha mostrado que el músculo bulboesponjoso tiene una cantidad, considerablemente, baja de husos musculares en comparación a otros músculos siendo incapaz de generar una gran cantidad de respuesta aferente e indicando una regulación motora simple en contraste con músculos con habilidades motoras finas o aquellos que mantienen la estabilidad postural (Peikert y Albrecht, 2015).

Otra probabilidad es que las fibras aferentes entren al dorso de la médula y se distribuyan láminas ventralmente profundas; lo que provocaría que no sé generará un gradiente altamente amplio en las láminas I-III que pudieran ser registradas con los potenciales del dorso de la médula. También, existe la posibilidad de que su reducida cantidad de fibras aferentes tenga como sustrato de entrada el asta ventral como lo ha descrito Sherrington (1894). Otra posibilidad es que el nervio del músculo bulboesponjoso esté constituido únicamente por axones motores los cuales sean mediados por la intervención de neuronas propioespinales susceptibles a las aferencias de otros nervios sensoriales ya que existe evidencia de que las motoneuronas del músculo bulboesponjoso se encuentran distribuidas de diferente forma en especies como el mono, el conejo y el cerdo (Thor y De Groat, 2010). Sin embargo, los resultados obtenidos generan varias hipótesis para investigar, debido a que el músculo tiene una gran importancia para producir un eficiente vaciamiento vesical (Corona-Quintanilla y cols. 2009, 2014) y contracción vaginal (López-Juárez y cols. 2018) en el modelo de la coneja.

## 8. CONCLUSIÓN

- El modelo de la coneja doméstica es una opción adecuada para el mapeo neuroespinal a través del registro de potenciales del dorso de la médula espinal.
- Presenta distintos patrones de distribución anatómica de las raíces y nervios lumbosacros.
- El cono medular se extiende desde el último segmento lumbar hasta el segmento vertebral sacro 1, donde surge la inervación del músculo bulboesponjoso.
- Nuestras observaciones sugieren que el nervio del músculo bulboesponjoso carece de distribución aferente en láminas superficiales de Rexed (I-IV), quizá su información aferente se distribuya en láminas más profundas o entren a través del asta ventral.
- Otra posibilidad es que el nervio del músculo bulboesponjoso esté constituido únicamente por axones motores; regulados por la intervención de neuronas propioespinales susceptibles a las aferencias de nervios, solamente, sensoriales, como el nervio dorsal del clítoris.

Resulta importante la implementación de registros electrofisiológicos con mayor sensibilidad y, que, permitan comprobar las hipótesis generadas en este estudio.

## 9. REFERENCIAS

- Acosta-Ortega C., Álvarez LA, Rhode L. J., Zempoalteca R., Castelán F., Martínez-Gómez M., Corona-Quintanilla D. L. Activation of perineal muscles during micturition in a female rabbit model: Effect of the lumbosacral ventral root avulsion. (En preparación)
- Baber M D. 2005. Contemporary views on female pelvic anatomy. *Am J Obs Gynecol*, 4: 3-11.
- Barber M D, Bremer R E, Thor K B, Dolber P C, Kuehl T J y Coates K W. 2002. Innervation of the female levator ani muscles. *Am J Obstet Gynecol*, 187(1):64-71.
- Beall J E, Appelbaum A E, Foreman R D y Willis W D. 1977. Spinal cord potentials evoked by cutaneous afferents in the monkey. *J Neurophysiol*, 40: 199-211.
- Bell D J. 1980. Social olfaction in lagomorphs. *Sym Zool Soc Lond*, 45: 141-164.
- Buss S J y Shefchyk S J. 1999. Excitability Changes in sacral afferents innervating the urethra, perineum and hindlimb skin of the cat during micturition. *J of Physiology*, 514(2): 593 - 607.
- Coombs J S, Curtis D R y Landgren S. 1956. Spinal cord potentials generated by impulses in muscle and cutaneous afferent fibres. *J Neurophysiology*, 19: 452-467.
- Corona-Quintanilla D L, Zempoalteca R, Arteaga L, Castelán F, y Martínez-Gómez M. 2014. The role of pelvic and perineal striated muscles in urethral function during micturition in female rabbits. *NeuroUrol Urodyn*, 4(33): 455-460.
- Corona-Quintanilla D L, Castelán P, Fajardo V, Manzo J, y Martínez-Gómez M. 2009. Temporal coordination of pelvic and perineal striated-muscle activity during micturition in female rabbits. *U Urol*, 188: 1452-1458.
- Cruz Y, Corona-Quintanilla D L, Juárez M, y Martínez-Gómez, M. 2010B. Características anatómicas y fisiológicas de los músculos pélvicos en la coneja doméstica (*Oryctolagus Cuniculus*). *Vet Mex*, 42: 263 -274.
- Cruz Y, Hernández-Plata I, Lucio R A, Zempoalteca R, Castelán F, y Martínez-Gómez, M. 2017. Anatomical organization and smatic axonal components of the lumbosacral nerves in female rabbits. *Neurology and Urodynamics*, 9999: 1-8.

- Cruz Y, Hudson R, Pacheco P, Lucio R A, y Martínez-Gómez M. 2002. Anatomical and physiological characteristics of perineal muscle in the female rabbit. *Physiol Behav*, 74: 1-8.
- Cruz Y, Rodríguez-Antolín J, Nicolás L, Martínez-Gómez M, y Lucio R A. 2010A. Components of the neural circuitry of the vaginocavernosus reflex in rabbits. *J Comp Neurol*, 518: 199-210.
- Thor K B, de Groat W C. 2010. Neural control of the female urethral and anal rhabdosphincters and pelvic floor muscles. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 299: 416-438.
- DeLancey J O. 2001. Anatomy. En L. S. Cardozo (Ed.). Inglaterra: Textbook of Female Urology and Urogynaecology.
- Eccles J C, y Krnjevic K. 1959. Potential changes recorded inside primary afferent fibres within the spinal cord. *J. Physiol.*149, 250-273.
- Farag F, Elayat M, Wally Y. y Elkarmoty A. 2012. Morphometric studies on the spinal cord segments of the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) *Journal of Veterinary Anatomy*, 2: 33 – 47.
- García C A, Chávez D, Jiménez I, y Rudomin P. 2004. Effects of spinal and peripheral nerve lesion on the intersegmental synchronization of the spontaneous activity of dorsal horn neurons in the cat lumbosacral spinal cord. *Neuroscience letters*, 361: 102-105.
- Greenaway, Partlow, Gonsholt y Fisher. 2001. Anatomy of the lumbosacral spinal cord in rabbits. *J. of the American animal hospital association*, 37 (1): 27-34.
- Guaderrama M N, Lui J, Nager W C, Preotorius H D, Sheean G, Kassab G, y Mittal R K. 2005. Evidence for the innervation of pelvic floor muscles by the pudendal nerve. *Obst Gynecol*, 106: 774-781.
- Haines D E. 2003. *Principios de Neurociencia*. Madrid. España: Elsevier.
- Herschord S. 2004. Female pelvic anatomy: the pelvic floor, supporting structure and pelvic organs. *Rev Urol*, 5:2-10.
- Hudson R, Cruz Y, Lucio R A, Ninomiya J, y Martínez-Gómez M. 1999. Temporal and behavioral patterning of parturition in rabbits and rats. *Physiol Behav*, 66: 599-604.
- Jankowska E. 2015. On the distribution of information from muscle spindles in the spinal cord; how much does it depend on random factors. *J Anat*, 227: 184 - 193.

- Jünema K, y Thüroff J. 2000. Innervation. En B. Schüsler, J. Laycock, P. Norton , & S. Stanton (Edits.), *Pelvic Floor Re-education. Principles and practice* (pp: 22-27). Londres: Springer-Verlag.
- Kandel R E. 2001. *PRINCIPIOS DE NEUROCIENCIA*. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España S. L.
- Klutke C G, y Siegel C L. 1995. Functional female pelvic abatomic. *Urol Clin North Am*, 22(3): 487-498.
- Koki S, Ito M D, Ohama M D, Sawa P D, e Ikezono M D. 1975. Presynaptic Inhibition in man during anesthesia and sleep. *Anesthesiology*. 43 (4): 388-91.
- López-Juárez R, Zempoalteca R, Corona-Quintanilla D L, Jiménez-Estrada I, Castelán F, y Martínez-Gómez M. 2017. Multiparity modifies contractile properties of pelvic muscles affecting the genesis of vaginal pressure in rabbits. *Neurology and Urodynamics*, 9999: 1-9.
- Ludwing V, y Romero F. 2015. *Anatomía y fisiología del sistema nervioso*. Kindle.
- Martínez-Gómez M, Lucio R A, Carro M, Pacheco P, y Hudson R. 1997. Striated muscles and scent gland associated with the vaginal tract of the rabbit . *Anat Rec*, 247: 486-493.
- Mendoza J E, y Foundas A L. 2008. The spinal cord and descending tracts. En J E Mendoza y A L Foundas (Edits.), *Clinical neuroanatomy. A neurobehavioral approach* (pp: 1 - 22). Springer.
- Moffitt M A, y Warren G M. 2004. Electrical Localization of Neural Activity in the Dorsal Horn of the Spinal Cord: A Modeling Study. *Annals of Biomedical Engineering*, 32(12): 1694-1709.
- Morrison B. 2001. Physiology of the striated muscles of the pelvic floor. En J Cocos y E Schick (Edits.), *The urinary sphincter* (pp: 71-87). New York, USA: Marcel Dekkel Inc.
- Morrison M J, Steers W D, Brading A, Block B, Fry C, de Groat W C, Thor K. 2002. *Neurophysiology and Neuropharmacology*. En S. edición (Ed.), *Incontinence* (pp: 84-163). Paris: Health Publication Ltd.
- Noback C H, Strominger N L, Demarest R J, y Rugiero D. 2005. Motoneurons and motor pathways. En S N Noback CH (Ed.), *The human nervous system: structure and function* (pp: 129-140). Humana Press.
- Osofsky A, Avian P, Richard A, Couteur L y Karen M. 2007. Funtional Neuroanatomy of the Domestic Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Vet Clin Exot Anim*, 10: 713-730

- Pacheco P, Camacho M A, García L I, Hernández M E, Carrillo P, y Manzo J. 1997. Electrophysiological evidence for the nomenclature of the pudendal nerve and sacral plexus in the male rat. *Brain Res*, 763(2): 2002-208.
- Pastelin C F, Juarez R, y Damaser M S. 2012. Neural pathways of somatic and visceral reflex of the external urethral sphincter in female rats. *J Comp Neurol*, 520.
- Peikert K y Albrecht M. 2015. Muscle spindles in the human bulbospongiosus and ischiocavernosus muscles. *Muscle Ner*, 52: 55-62.
- Schimpf M, y Tulikangas P. 2005. Evolution of the female pelvis and relationships to pelvic organ prolapse. *Int Urogynecol*, 16: 315-320.
- Schraffordt S E, Vaart C H, y Dietz V. 2009. Vaginal surgery for uterine descent: Which options do we have? A review of the literature. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*, 20(3): 349-356.
- Shafik A, El-sibai O, y Shafik I V. 2008. Effectt of micturition on clitoris and cavernosus muscle an electromyographic study. *Int Urogynecol*, 19: 531-535.
- Shakif A. 1993. Vaginocavernosus reflex. *Gynecol Obstet Invest*, 35: 114-117.
- Sherrington C S. 1894. On the anatomical constitution of nerves of skeletal muscles: with remarks on recurrent fibres in the ventral spinal nerve-root. *J Physiol* 17:211–258
- Shugurov O, y Shugurov O. 1999. Peculiarities of Extraspinally Recorded Field Spinal Potentials. *Neirofiziologiya/Neurophysiology*, 31(2).
- Snooks S, y Swash M. 1986. The innervation of the muscles of continence. *Ann R Coll Surg Engl*, 68, 45-49.
- Tagliafico A, Bignotti B, Pérez M, Reni L, Bodner G, y Martinoli C. 2013. Contribution of ultrasound in the assessment of patients with suspect idiopathic pudendal nerve disease. *Clin Neurophysiol*, 25: 1278-1284.
- Tresguerres J, Aguilar B, Cachofeiro M, Cardinali D, Gil L, Lahera J y Zarco G. 1999. *fisiología Humana (Segunda edición ed.)*. Madrid: McGRAW-HILL.
- Ullán S. 2012. *Neuroanatomía (Quinta edición ed.)*. México D. F.: Uniersidad Panamericana.
- Van Soens I, De Vlaminck C, Pille F, Vlaminck L, Duchateau L, Van Hamn I. 2015. Recording of cord dorsum potentials in calves. *Res Vet Sc*, 102, 100-102.
- William D, y Willis J. 1980. Spinal Cord Potential . En M. Derker (Ed.), *Modern pharmacology - Toxicology the spinal cor and reaction to traumatic injure* (pp: 159 - 186). New York : W. F. Windle .
- Wu J, Xue J, Huang R, Zheng C, Cui Y, Rao S. 2016. A rabbit model of lumbar distraction spinal cord injury. *Spine J*, 16: 643–658.

Yates B J, Thompson F J, y Mickle J P. 1982. Origin and properties of spinal cord field.  
Neurosurgery, 11: 439 - 450.

## 10. ACTIVIDADES ACADÉMICAS

### 10.1 Nacional



**Universidad Autónoma de Tlaxcala**  
**Facultad de Agrobiología**  
**Licenciatura en Biología**

OTORGA LA PRESENTE

**CONSTANCIA**

A: Juárez Alcocer Y, Acosta Ortega C, Corona Quintanilla D.L.

Por la presentación del cartel:

**Sobrevivencia de motoneuronas del músculo bulboesponjoso después de la avulsión de las raíces ventrales L6-S2 en la coneja doméstica**  
V Simposio de Actividad Integradora y Avances de Investigación 2018

**Q.B.P. J. A. René Gregorio Yauritenti**  
Director de Facultad

**SAI GLOBAL**

**“Por la cultura a la justicia social”**  
Tlaxcala de Xicolmencatl a 27 de noviembre de 2018

**BIÓL. Marco Antonio Suárez Segundo**  
Coordinador de Licenciatura

Logos of various institutions: Universidad Autónoma de Tlaxcala, Instituto de Agrobiología UC Sochima, Universidad Veracruzana, Universidad de Colima, Universidad de Sonora, Universidad de Guanajuato, Universidad de Querétaro, Universidad de Tlaxcala, Universidad de Puebla, Universidad de Oaxaca, Universidad de Chiapas, Universidad de Tabasco, Universidad de Campeche, Universidad de Yucatán, Universidad de Quintana Roo, Universidad de Baja California Sur, Universidad de Baja California, Universidad de Sonora, Universidad de Chihuahua, Universidad de Coahuila, Universidad de Durango, Universidad de Zacatecas, Universidad de Aguascalientes, Universidad de San Luis Potosí, Universidad de Tlaxcala, Universidad de Puebla, Universidad de Oaxaca, Universidad de Chiapas, Universidad de Tabasco, Universidad de Campeche, Universidad de Yucatán, Universidad de Quintana Roo, Universidad de Baja California Sur, Universidad de Baja California, Universidad de Sonora, Universidad de Chihuahua, Universidad de Coahuila, Universidad de Durango, Universidad de Zacatecas, Universidad de Aguascalientes, Universidad de San Luis Potosí.

**XLIII**

Reunión Anual  
DE LA ACADEMIA DE INVESTIGACIÓN  
EN BIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN



LA ACADEMIA DE INVESTIGACIÓN EN BIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN A.C.

OTORGA LA PRESENTE  
CONSTANCIA

A

**Medel Minor M, Acosta-Ortega C, López-Juárez R, Francisco Castelán, Margarita  
Martínez-Gómez, Dora Luz Corona-Quintanilla**

Por la presentación del trabajo en cartel:

**EFFECTO DE LA MULTIPARIDAD SOBRE LA MORFOMETRÍA DE LAS MOTONEURONAS DEL PISO  
PÉLVICO EN LA CONEJA**

durante la XLIII Reunión Anual de la AIBIR que se llevó a cabo del 27 al 30 de Mayo de 2018 en la  
ciudad de Puebla, Pue.

  
Dra. Angelica Trujillo Hernández  
**PRESIDENTE**

  
Dra. Carolina Meján Raya  
**SECRETARIA**



LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA,  
EL CENTRO UNIVERSITARIO DE LOS LAGOS  
Y EL GRUPO DE BIOSEÑALES

otorgan la presente

# constancia

Acosta-Ortega, C., Hernández-Bonilla, C., Zempoalteca, R.,  
Martínez-Gómez, M. y Corona-Quintanilla, D. L.

Por haber presentado el trabajo Caracterización de los potenciales del dorso de la médula espinal por aferencias de los nervios pélvicos y perineales en la coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*); en el marco de las actividades de la XVI Reunión del Grupo Bioseñales, realizada del 4 al 6 de julio de 2018.

"PIENSA Y TRABAJA"

Lagos de Moreno, Jalisco, México

*Eduardo Camacho M.*

Dr. Eduardo Camacho Mercado  
Director de la División de Estudios de la Cultura Lagonesa

*Miguel Ángel Guevara Pérez*

Dr. Miguel Ángel Guevara Pérez  
Coordinador del Grupo Bioseñales

*Egla Yareth Bivián Castro*  
Directora de la División de la Biodiversidad e Innovación Tecnológica

23rd BIOLOGICAL BASES OF BEHAVIOUR  
INTERNATIONAL COURSE

XXIII

Otorga la presente

CONSTANCIA

A Cesar Acosta-Ortega, Cecilia Hernández-Bonilla, René Zempoalteca, Margarita Martínez-Gómez y Dara Luz Corona-Quintanilla  
por su participación con el cartel *Caracterización de los potenciales del dorso de la médula espinal por aferencias del nervio del músculo bulboesponjoso en la coneja doméstica (Oryctolagus cuniculus)*

XVIII Curso Internacional Bases Biológicas de la Conducta  
Impartido del 2 al 5 de Octubre, con una duración de 30 horas.

Thaxcala, Tlaxcala a 5 de Octubre de 2018.

*Dra. Margarita Martínez-Gómez*

Dra. Margarita Martínez-Gómez

*Dr. Jorge Rodríguez Antolín*

Dr. Jorge Rodríguez Antolín



## 10.2 Internacional



Search Results

Print Page

Share Page

### Session 395 - Somatosensation: Spinal Circuits

Poster Session

395.20 / L39 Organisation of perineal muscle afferents on lumbosacral spinal cord in female rabbit

October 27, 2019, 1:00 PM - 5:00 PM

Hall A

#### Presenter at Poster

Mon, Oct. 21, 2019 4:00 PM - 5:00 PM

#### Session Type

Poster

#### Grant: Support

Concyt GADAF 7040

#### Grant: Support

Concyt DCQL156950 CD 2019

#### Authors

**Y.C. ACOSTA ORTIGA**, Z. FLORES-LOZADA, C. HERNÁNDEZ-BONILLA, I. JIMÉNEZ-ESTRADA, M. MARTÍNEZ-GÓMEZ, R. ZEMPOALTECA, D.L. CORONA-QUINTANILLA,

Programa en Ciencias Biológicas, Univ. Autónoma De Tlaxcala, Tlaxcala, Mexico; Lic. en Biología, Univ. Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México; Programa en Ciencias Biológicas, Univ. Tlaxcala de Rincón de la Conducta, Univ. Tlaxcala de Biología de la Conducta, Univ. Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México; Fisiología, Biofísica y Neurociencias, Ctr. de Investigaciones de Estudios Avanzados del Ins., Politécnico Nacional, Cd. México, México; Biología Celular y Fisiología, Univ. Nacional Autónoma de México, México, México

#### Disclosures

**C. Acosta Ortiga**: None. **Z. Flores-Lozada**: None. **C. Hernández-Bonilla**: None. **I. Jiménez-Estrada**: None. **M. Martínez-Gómez**: None. **R. Zempoalteca**: None. **D.L. Corona-Quintanilla**: None.

#### Abstract

In mammalian females the pelvic floor provides a base to support the viscera of the pelvic cavity and allows reproductive and non-reproductive physiological functions. The complex innervation comes from different nerves such as the Levator ani and the pudendal. One branch of the sensory pudendal nerve innervates to bulbospongiosus muscles. Mainly the afferents to travel to the dorsal horn of the spinal cord and are distributing transversely around the lateral and medial edge of the dorsal horn. The afferent and efferent information that comes bulbospongiosus nerve (Bsn) is important to regulate the contraction of its muscle and other functions of the urogenital system, as the micturition. It is very important to determine the distribution of Retinoid Diverium potentials (Ret CDPs) to identify the relevant structures, for instance pudendal afferents within dorsal sacral roots, which should be spared during rhinotomy procedures for treatment of susceptibility to establish a feeling lower urinary tract dysfunction by neuromodulation. The aim of the study was determine the organization of these afferents across the Ret CDPs activated by electrical stimulation of the Ret. We used young virgin rabbits (n=6), the aged was between 6 to 8 months and anesthetized with urethane, the bsn was isolated and mounted in silver electrodes. The upper part of a spinal cord was fixed in prone position and a laminectomy of the lumbosacral dorsal region (L5-S2) was performed. The dura mater was partially removed and the CDPs were recorded in response to the electrical stimulation of the bsn. The signals were amplified with a Grass (P511) amplifier and visualized with a Tektronix TD02024C oscilloscope. Was analyzed the amplitude, latency, peak latency, duration and the number of components. Each registers obtained was average of 10 events. The Ret CDPs showed differences in the number of components and their amplitude. The major CDPs amplitude was obtained in S1 level and lowered to rostral and caudal spinal cord. This results showed the afferent information of perineal muscles is not limited to a single spinal segment, and could help to explain the regulation of micturition, defecation or other physiological processes in the pelvic floor components.