

**Descripción morfológica del espermatozoide en arañas *Lycosidae* (Género: *Lycosa* sp.) para
informar a la comunidad universitaria del proyecto Licenciatura en Biología de la
Universidad Distrital Francisco José de Caldas**

Autores:

Dayanna Katherine Naizaque
Jessica Jasbleidy Gómez Herrera
José Alejandro Ramírez Rodríguez
Juan David Riaño
Nancy Tatiana Jiménez
Adriana Marcela Romero Martínez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Ciencias y Educación

Licenciatura en Biología

Proyecto Investigativo Formativo Interdisciplinar I

Bogotá, Colombia

2022

TABLA DE CONTENIDO

- 1. RESUMEN**
- 2. INTRODUCCIÓN**
- 3. PLANTEAMIENTO PROBLEMA**
- 4. PREGUNTA PROBLEMA**
- 5. JUSTIFICACIÓN**
- 6. OBJETIVOS**
 - 6.1. OBJETIVO GENERAL**
 - 6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**
- 7. ANTECEDENTES**
- 8. MARCO TEÓRICO**
 - 8.1. ARAÑAS LYCOSIDAE**
 - 8.2. EL ESTUDIO DE ESPERMATOZOIDE EN LAS ARAÑAS Y SUS IMPLICACIONES**
 - 8.3. ESTRUCTURA MORFOLÓGICA DE LOS ESPERMATOZOIDES DE LAS ARAÑAS**
 - 8.3.1. COMPLEJO ACROSOMAL**
 - 8.3.2. NÚCLEO**
 - 8.3.3. AXONEMA**
 - 8.3.4. CENTRIOLOS**
 - 8.3.5. MITOCONDRIAS**
 - 8.4. LAS TIC COMO MÉTODO DE ENSEÑANZA**
 - 8.5. CUESTIONARIO**
- 9. METODOLOGÍA**
- 10. RESULTADOS**
 - 10.1. RESULTADOS EMERGENTES**
- 11. ANÁLISIS DE RESULTADOS**
- 12. CONCLUSIONES**
- 13. RECOMENDACIONES**
- 14. BIBLIOGRAFÍA**
- 15. ANEXO**

ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig 1.** Estructura general de un espermatozoide de araña en estado enrollado y sin enrollar. Michalik, P., Ramírez, M. J. (2014). Evolutionary morphology of the male reproductive system, spermatozoa and seminal fluid of spiders (Araneae, Arachnida)—Current knowledge and future directions.....15
- Fig. 2.** Reconstrucción 3D por ordenador que visualiza los diferentes componentes celulares en un espermatozoide enrollado en el lumen del testículo. Michalik, P., Aisenberg, A., Postiglioni, R., & Lipke, E. (2013). Spermatozoa and spermiogenesis of the wolf spider *Schizocosa malitiosa* (Lycosidae, Araneae) and its functional and phylogenetic implications.....16
- Fig 3.** a. Corte histológico en 10x. Lámina (3-227085). Gónadas sexuales masculinas con fases de la espermatogénesis visibles y espermatozoides libres. b. Corte histológico en 40x. Lámina (3-227085). Gónadas sexuales masculinas con fases de la espermatogénesis visibles y espermatozoides libres. Fuente: archivo de los autores.....24
- Fig 4.** 1,2 Fases de la espermatogénesis vistas al microscopio en aumento 100x, con ayuda de aceite de inmersión a. Primera fase de la espermatogénesis con un núcleo esférico definido rodeado por una cubierta de microtúbulos. b. Cromatina condensada y núcleo asimétrico. c. Espermátides individuales formando el cleistosperma. d. Cleistospermas maduras compactas. e. Espermatozoides libres y desarrollados. Fuente: Archivo de los autores.....24
- Fig 5.** Espermatozoides desenrollados y libres en aumento 100x. Fuente: Archivo de los autores.....25
- Fig 6.** Cortes histológicos de la araña *Lycosidae* (género: *Lycosa* sp.) en 40x. a. Pulmón en libro. b. Actividad neuronal. c. Glándulas coxales. d. Musculatura. e. Ojo simple. Fuente: Archivo de los autores.....26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Gráfica circular con respecto a las respuestas de la pregunta número 1. Fuente: archivo de los autores.

.....18

Tabla 2. Diagrama de barras con respecto a las respuestas de la pregunta número 2. Fuente: archivo de los autores.

.....19

Tabla 3 Gráfica circular con respecto a la pregunta número 3. Fuente: archivo de los autores.

.....19

Tabla 4. Respuestas frente al conocimiento del esperma de humano en comparación con el de arañas. Fuente: archivo de los autores

.....20

Tabla 5. Gráfica circular con respecto a la pregunta número 5. Fuente: archivo de los autores.

.....20

Tabla 6. Respuestas de cómo identifican la familia Lycosidae. Fuente: archivo de los autores

.....21

Tabla 7 Gráfica circular con respecto a la pregunta número 7. Fuente: archivo de los

autores.....21

Tabla 8. Respuestas frente a lo que conocen de los órganos reproductores de arañas. Fuente: archivo de los autores

.....22

Tabla 9. Gráfica circular con respecto a la pregunta número 9. Fuente: archivo de los autores

.....22

Tabla 10 Respuestas de qué partes conocen del espermatozoide de la araña (Lycosidae). Fuente:

archivo de los autores.....23

1. RESUMEN

En el artículo se busca dar divulgación a través de una herramienta audiovisual la morfología, características, diferencias y funciones del espermatozoide en animales, concretamente de arañas, por medio de un video para exponer el porqué es importante profundizar la investigación. Esta información se ve enfocada en la familia Lycosidae específicamente en el género *Lycosa*. Se da una breve descripción de su morfología física, sus características y su hábitat, exponiendo porque se decidió trabajar con esta araña. Se llevó a cabo esta investigación mediante la recolección de datos en el portal Google académico y la recolección de arañas *Lycosas* conservadas en formol buferado, las cuales pasaron por cortes histológicos para poder hacer el reconocimiento de sus espermatozoides, con el fin de comparar los resultados de laboratorio y la información bibliográfica encontrada. Con el fin de comprobar si realmente la información no estaba teniendo el suficiente alcance, se realizó un cuestionario en estudiantes de la universidad Francisco José de Caldas del programa Licenciatura en biología que se encontraban cursando PIFI I y zoología de invertebrados. Se logró identificar la morfología del espermatozoide de la araña; espermatozoides libres y en fase de espermatogénesis. Concluyendo, se determinó que el desconocimiento de las personas pertenecientes a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Licenciatura en Biología, de los cursos PIFI I y Zoología de Invertebrados, sobre temas como la espermatogénesis y la morfología específica de los espermatozoides de la araña Lycosidae (género: *Lycosa* sp.) se debe a la falta de divulgación y profundización de estos temas.

Palabras claves: Espermatogénesis, divulgación, diferencias, desconocimiento

2. INTRODUCCIÓN

El trabajo se centra en el estudio de espermatozoides en arañas «Lycosidae, *Lycosa* sp». Con el fin de obtener información sobre su composición, morfología, evolución y funcionamiento (García, E.C. 2012). Los análisis morfológicos que se describen son realizados a partir de cortes histológicos en arañas del género *Lycosa* sp pertenecientes a la familia Lycosidae. Esta familia por ser una de las más distribuidas en el mundo, y por ser una de las más estudiadas para el análisis morfológico y celular (Costa, F. & Aisenberg, A. 2005., Costa, F. *et al.* 2007., Michalik, P. *et al.* 2013., Michalik, P. & Ramírez, M. 2014.). Para los espermatozoides analizados se

describen procesos de espermatogénesis y sus partes internas, de las cuales destacan el axonema y núcleo.

Los estudios de espermatozoides en arañas son superficiales, por ello la información sobre estos temas es escasa si se busca obtener información específica de una especie o un proceso (Michalik *et al*, 2013).

Con el propósito de divulgar información sobre los espermatozoides de arañas, se realizó un cuestionario para los estudiantes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en cursos de PIFI I y zoología de invertebrados, para identificar el conocimiento de los estudiantes sobre este tema. Identificar las fases de espermatogénesis y partes morfológicas en cortes histológicos de arañas *Lycosa* sp. Y realizar una herramienta visual para la divulgación de la información que se obtuvo.

Se hizo una búsqueda en bases de datos como: Researchgate y Google académico, con palabras clave como «espermatogénesis», «esperma», «axonema», «filogenia», «araña». Se diseñó un cuestionario para identificar los conocimientos de los estudiantes simultáneamente a una recolección de arañas del género *Lycosa* sp. las cuales pasaron por un proceso de cortes para su posterior análisis en microscopio. Finalmente, se ejecutó un video como herramienta audiovisual para divulgar la información que se obtuvo.

Los resultados arrojados por la encuesta muestran que los estudiantes tienen poco conocimiento respecto al tema de: espermatozoides, morfología y diferencias de espermatozoides en los seres vivos del reino animal.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se busca indagar sobre la morfología de los espermatozoides en los animales, en especial en arácnidos, ya que las formas de estos pueden variar entre especies. Esta variación representa una barrera que altera su reproducción y rige reglas importantes entre los individuos de cada una de las especies en términos celulares. Los estudios de la morfología de los espermatozoides en los invertebrados son muy poco divulgados, a lo cual también podemos añadir lo poco que se ha llegado a profundizar el tema a nivel investigativo (Michalik *et al*, 2013). Es importante conocer

la morfología del espermatozoide debido a que es uno de los determinantes en la barrera precigótica y es un aspecto a tomar en cuenta para la reproducción de cualquier especie, ya sea entre sí o para con otras.

Con el proyecto se pretende desarrollar una herramienta audiovisual que permita divulgar las características de los espermatozoides de arañas (*Lycosa* sp.), teniendo en cuenta las percepciones generales que se tienen sobre la morfología del espermatozoide. La herramienta estará dirigida a estudiantes del pregrado de Licenciatura en biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de las materias PIFI I y Zoología de Invertebrados.

4. PREGUNTA PROBLEMA

¿Qué fases de la espermatogénesis son visibles al utilizar los cortes histológicos como instrumento de análisis de la morfología de los espermatozoides en arañas *Lycosidae* (Género: *Lycosa* sp.)?

5. JUSTIFICACIÓN

El estudio del espermatozoide en arañas es importante para obtener información sobre la filogenia, adaptación, morfología, composición y desarrollo del espermatozoide de una especie (García, 2012). Los estudios llevados a cabo han demostrado la gran importancia estructural que representa los espermatozoides y su morfología para la filogenia de las arañas (Alberti, G. 1990).

Los espermatozoides conforman las células más diversas en los animales y han demostrado gran capacidad filogenética (Michalik, P et al. 2013). Pese a esto, el estudio del espermatozoide en arañas sigue siendo reducido; desde la primera investigación hecha por Osaki (1969) en la cual realizó la descripción ultraestructural del espermatozoide de araña. Solo existen unas pocas investigaciones relacionadas a la morfología de los espermatozoides de arañas más o menos detalladas de las siguientes familias (Michalik, et al. 2013): Oxyopidae (Osaki, H. 1972), Pisauridae (Reger, J. F. 1970)(Lopez et al. 1983) y Lycosidae (Kim Et al. 1993)(Wu, X. M. et al. 1997).

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Diseñar una herramienta audiovisual en donde se evidencien las fases visibles en la morfología del espermatozoide de las arañas (*Lycosidae*), a estudiantes del proyecto curricular de licenciatura en biología, en la materia de PIFI I y zoología de invertebrados de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

6.2. Objetivos específicos

Analizar el conocimiento previo sobre los espermatozoides de las arañas (*Lycosidae: Lycosa sp.*) por medio de un cuestionario en estudiantes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas del Proyecto curricular licenciatura en Biología, de las materias PIFI I y Zoología de Invertebrados.

Identificar las características morfológicas del espermatozoide en las arañas (*Lycosidae: Lycosa sp.*) y las fases de la espermatogénesis evidenciadas en cortes histológicos.

Realizar una herramienta audiovisual para estudiantes de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas del Proyecto curricular licenciatura en Biología, de las materias PIFI I y Zoología de Invertebrados, con base en los resultados obtenidos en la investigación.

7. ANTECEDENTES

Los quelicerados han evolucionado por separado de otros artrópodos desde el Cámbrico temprano y, por tanto, ofrecen muchas peculiaridades aparte de las convergencias efectuadas en el marco del concepto de artrópodo. Las modificaciones más drásticas del plan básico de la estructura del espermatozoide se observan en los arácnidos. Se han estudiado representantes de todos los principales taxones y se discuten brevemente sus células. En particular, las de Araneae

(arañas) y Acari (ácaros y garrapatas) han sido ampliamente estudiadas. Los espermatozoides de las arañas son probablemente los más interesantes debido a las diversas formas de transporte, como los espermatozoides individuales encapsulados (una célula por cápsula: cleistosperma), cápsulas que incluyen varios o numerosos espermatozoides individuales (coenospermia) y los llamados espermatozoides individuales (coenospermia y los llamados «espermatóforos») y, probablemente de forma excepcional en todo el reino animal, cápsulas que contienen espermatozoides fusionados y sincitiales (sinespermia) (Alberti, 1995).

En el artículo Electron microscope study on the spermatozoon of the liphistiid spider, *Heptathela* Kimurai, presentado por Osaki en 1969, se empieza a determinar varias partes del espermatozoide en las arañas. El espermatozoide de *Heptathela* al ser observado presentaba una cabeza en espiral con medidas de 20 a 25 μ , un flagelo largo que se enrolla en la periferia del citoplasma, y el cual presenta una constitución 9+3 (nueve pares periféricos más tres túbulos centrales).

En la investigación de Michalik *The spermatozoa of the one-papled spider tidarren argo (aranea theridiidae)* del 2005 se comprueba que dentro de la familia theridiidae la forma del esperma, el comportamiento y la manera en la que está distribuido puede llegar a variar principalmente la posición de la base axonemal, la extensión y localización de la fosa de implantación. Se describe de manera detallada la forma del esperma de las arañas theridiidae y los cambios que este presenta frente a otras familias e incluso entre las propias theridiidae; pese a esto los resultados de esta investigación no están comparados con otras investigaciones, puesto que no había investigaciones de esta familia en su momento, por esta razón solo se tiene como referencia comparativa sus propios resultados. La investigación permitió corroborar que dentro de las familias de arañas puede variar diferentes componentes, por ende dentro de la familia Lycosidae puede funcionar de la misma manera.

En investigaciones posteriores de Michalik (2012) se sigue trabajando los espermatozoides de las arañas lobo y se describen con la unión de: complejo acrosomal, compuesto por la vacuola y el filamento acrosomal; núcleo; axonema con un patrón microtubular nueve más tres, donde la región centriolar y la parte anterior del axonema están incrustadas en un material denso en

electrones formando un patrón al que se le denominó "adjunto centriolar compartimentado"; e inclusión celular.

Los espermatozoides exhiben muchos estados de carácter aparentemente plesiomorfos para las arañas (un complejo acrosomal compuesto por una vacuola acrosomal en forma de cono y un filamento acrosomal que se extiende hasta el final de un canal nuclear, un alargamiento nuclear postcentriolar, un axonema con un patrón de $9 \times 2 + 3$, mitocondrias ubicadas centralmente y un enrollamiento del núcleo y el flagelo al final de la espermiogénesis) y dos estados que pueden ser sinapomórficos para los araneomorfos (un núcleo robusto y una elongación nuclear muy pronunciada). Los espermatozoides se entregan como cleistospermia (células de espermia esféricas individuales, cada una encapsulada en una vaina secretora). Se argumenta que, para las arañas, las cenospermias son plesiomorfos y las cleistospermias apomorfos (Alberti & Coyle, 1991).

8. MARCO TEÓRICO

8.1. Arañas Lycosidae

La familia Lycosidae son denominadas "arañas lobo", ya que la mayoría de ellas se desplazan activamente sobre el suelo en busca de alimento (Foelix 1996). Los machos son más pequeños y delicados; el color de base de los machos es el gris claro y el de las hembras más amarillento. Los dos sexos tienen en común una raya longitudinal clara que discurre por el centro del tórax marrón grisáceo. El abdomen presenta una gran mancha longitudinal seguida de rayas oscuras angulares. Además, la tarántula lobo tiene dos ojos grandes y seis pequeños. Los grandes sirven principalmente para la caza. En cambio, se cree que con los pequeños solo puede percibir luz. Las patas de la araña lobo tienen manchas blancas y negras en la parte inferior y son de color marrón grisáceo uniforme en la superior. En la zona de la cabeza, la araña tiene dos pares más de extremidades. Uno de estos pares le sirve de herramienta para morder (quelíceros) y el otro, de órgano del tacto 'pedipalpos'. Además, los pedipalpos también alojan los órganos de cópula en los machos (Lacava 2014).

Se consideran como sinapomorfias el transporte activo de la ooteca en las hileras por parte de las hembras y el posterior transporte de las crías sobre el abdomen, tener los ojos en tres filas, con cuatro ojos en la primera, dos en la segunda y dos en la tercera, lo cual las hacen fácilmente reconocibles. Los licósidos representan una de las familias de arañas más abundante y diversa, con 120 géneros y 2391 especies conocidas (Platnick, 2014). Tienen una marcada preferencia por los ambientes herbáceos y abiertos, como las praderas, que según Jocqué y Alderweireldt (2005) serían los ambientes donde se originó la familia.

Los licósidos son influenciados por la calidad y tipo de hábitat en el que se encuentren y presentan diferentes respuestas de comportamiento en cuanto a los patrones de abundancia espacial (Buddle & Rypstra 2003, Pearce & Zalucki 2006). Los licósidos pueden hallarse en una gran variedad de ambientes, como selvas tropicales y desiertos de todos los continentes, excepto la Antártida; por su amplia distribución se facilitó las investigaciones respecto a este género de pese a esto no se tenía o tiene con claridad estudios sobre la división de las familias o subfamilias, ya que el estudio de esto es muy ambiguo por el hecho de que la división de estas se basaba en características morfológicas.

La estructura interna de Lycosidae comenzó a estudiarse con el trabajo de Simon (1898) quien dividió la familia en grupos de géneros, sin utilizar el término “subfamilia”, basándose en caracteres no genitales como el tamaño y disposición de los ojos o las formas del carapacho, del segundo abdomen y de las hileras. De los grupos reconocidos por Simon, Hippaseae, Lycosa y Pardosa se encuentran actualmente dentro de Lycosidae (Platnick, 2014).

Luego de 81 años y sin haber sufrido modificaciones importantes, el esquema subfamiliar propuesto por Simon fue ampliado por Lehtinen y Hippa (1979), quienes describieron las subfamilias Venoniinae y Zoicinae para incluir seis géneros de licósidos. En la taxonomía actual de Lycosidae las características genitales del macho juegan un papel central, tanto en el reconocimiento de especies como en las divisiones supra genéricas. El estudio de dichas estructuras en la familia comenzó con los trabajos de Chamberlin (1904, 1908) quien señaló los problemas generados por el uso exclusivo de los caracteres somáticos para la separación de los géneros y resaltó la importancia de los caracteres de la genitalia.

8.2. El estudio de los espermatozoides en arañas y sus implicaciones

Los primeros estudios de la morfología de los espermatozoides en arañas se remontan al siglo XIX con las examinaciones histológicas en numerosas especies (Bertkau, P. 1875, 1877). Pasaría el tiempo hasta que Osaki (1969) realizó un estudio ultraestructural del esperma en araña, lo revolucionario en esto fue la observación mediante microscopio electrónico que comparado a las investigaciones anteriores permitía mayor profundización que los estudios histológicos y con microscopio óptico (Michalik, P. Ramirez, M. 2014).

En las últimas tres décadas hubo un incremento notable en investigaciones relacionadas a esto debido al aumento de muestreo de taxones en los cuales 77 especies de 45 familias han sido descritas morfológicas ultraestructurales del esperma (Michalik, P. & Ramirez, M. 2014).

El estudio del esperma en arañas ha demostrado una gran importancia en varios factores, para Alberti (1990) estos estudios podrían llegar a proporcionar información valiosa para la biología y sistemática de este grupo de artrópodos. Han demostrado también la importancia de la conjugación espermática y cómo esta ha evolucionado en cuanto a las formas de transferencia. Por otra parte, hace parte de los cuatro rasgos que intervienen en la fecundación competitiva (Pitnick et al., 2009) junto con los genitales del macho, la composición del fluido seminal y el sistema reproductivo de la hembra (Manier, Et al. 2013). Adicional a estos factores está la implicación filogenética ya que esto no es solamente para los arácnidos, también se ha demostrado la importancia de este factor en otros animales (Jamieson et al., 1999; Marotta et al., 2008) principalmente Gerd Alberti han aportado información detallada a la comparación de la espermatología (Alberti, 1979, 1980a,b,c) que después serían tomados en cuenta en algunos estudios como caracteres filogenéticos de quelicerados y arácnidos (Giribet et al., 2002; Shultz, 2007) y luego se conceptualizan los caracteres para definir sinapomorfias no homoplasias (Michalik, P. Ramirez, M. 2014). E incluso han demostrado una variación muy notoria tanto fisiológica y morfológica dentro de la hembra (Dallai et al., 1992)

8.3. Estructura morfológica de los espermatozoides de las arañas

8.3.1. Complejo acrosomal

El complejo acrosomal está compuesto por una vacuola acrosomal y el filamento acrosomal. Las vacuolas espermáticas acrosomales se originan a partir de la fusión de vesículas de golgi (Alberti, et al., 1986) su origen es poco conocido y su importancia en la embriogénesis, por lo cual ha causado bastante controversia su función (perdrix, et al. 2011) e incluso se le ha relacionado con la fragmentación del ADN espermático (Oliveira et al., 2010). Al final de la espermatogénesis, la vacuola acrosomal puede variar drásticamente en forma entre los taxones (Alberti, 1990; Lipke y Michalik, 2012; Michalik, 2007) por ejemplo, se conocen las vacuolas acrosomales en forma de tornillo en las araneomorfas Tetragnatha (Michalik et al., 2006) y en otras especies como *schizocosa malitiosa* de la familia lycosidae la porción posterior de la vacuola acrosomal se extiende hasta la hendidura anterior del núcleo (Michalik, et al. 2013).

8.3.2. Núcleo

Es el centro de control de las células eucariotas y es metabólicamente activo durante el crecimiento nuclear, replicación del ADN y síntesis del ARN ribosomal, ARN de transferencia y ARN mensajero. Dentro del núcleo, el ARNm está unido a proteínas específicas que forman partículas de ribonucleoproteínas (Vásquez, G., & Muñetón, C. M. 2006). En las arañas este se encuentra rodeado de una mancha de microtúbulos que se conecta a un anillo electrón-denso localizado alrededor de la base de la vacuola acrosomal (Alberti y Coyle, 1991) la función de esta mancha en las arañas es aún desconocida, pero se le asocia con la participación de la conformación nuclear durante la condensación de la cromatina, como se ha reportado en varios taxones animales como (Dallai et al., 2012; Jamieson et al., 1999; Kierszenbaum, 2002)

8.3.3. Axonema

El axonema se compone de microtúbulos centrales y microtúbulos periféricos que se encargan de la movilidad por desplazamiento de unos dobleces periféricos con respecto a los otros (Tovar, J. s.f)

8.3.4. Centriolos

Este llamado adjunto centriolar suele ocupar toda la fosa de implantación. Suele formarse en etapas posteriores de la espermiogénesis y se mantiene en los espermatozoides maduros. Se desconoce la función del adjunto centriolar en los espermatozoides de araña. En otros taxones animales se ha asumido que juega un papel en la disposición de la cromatina (Wang y Zhong, 1993) y/o en la formación de la mancheta microtubular (Fouquet et al., 2000) y que, por tanto, influye en la conformación nuclear.

8.3.5. Mitocondrias

Las mitocondrias se encargan de producir la energía química necesaria para procesos bioquímicos. En arañas mesotelidas se han evidenciado presencia de mitocondrias en la parte anterior del axonema (Michalik, 2007). En todos los demás taxones de arañas observados, las mitocondrias se organizan sin un patrón específico. Normalmente, las mitocondrias se encuentran en la parte posterior del espermatozoide y en el centro de la célula después del proceso de enrollamiento (Alberti, 1990).

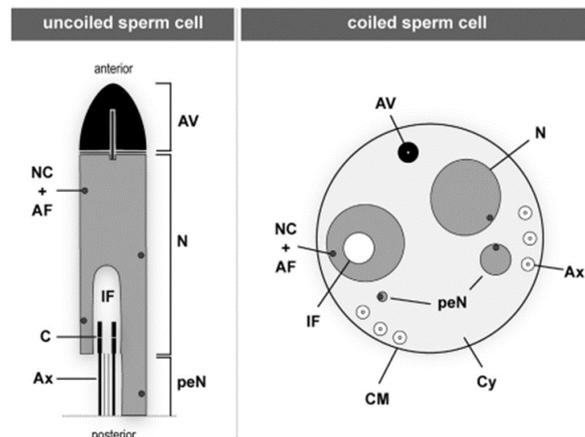


Fig 1. Estructura general de un espermatozoide de araña en estado enrollado y sin enrollar. Michalik, P., Ramírez, M. J. (2014). Evolutionary morphology of the male reproductive system, spermatozoa and seminal fluid of spiders (Araneae, Arachnida)—Current knowledge and future directions.

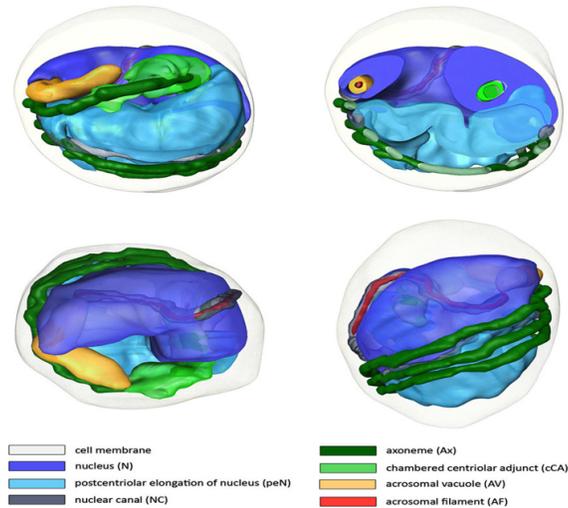


Fig. 2. Reconstrucción 3D por ordenador que visualiza los diferentes componentes celulares en un espermatozoide enrollado en el lumen del testículo. Michalik, P., Aisenberg, A., Postiglioni, R., & Lipke, E. (2013). Spermatozoa and spermiogenesis of the wolf spider *Schizocosa malitiosa* (Lycosidae, Araneae) and its functional and phylogenetic implications

8.4. Las TIC como método de enseñanza

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), son el conjunto de herramientas, programas informáticos, recursos, aplicaciones que permiten compilar, procesar, almacenar, y transmitir información como video e imágenes (LEY 1341 DE 2009). El uso de estas tecnologías hace más efectivo el proceso de aprendizaje. En las últimas décadas, este tipo de tecnologías ha empezado a tener importancia para enseñar, ya que logra enganchar a los estudiantes y es de un acceso fácil para la población. Y de igual manera, los estudiantes y docentes pueden acceder a estas Tecnologías para aprender y enseñar diferentes conocimientos (P. Lara y M. Roque, 2021).

8.5. Cuestionario

Hurtado (2009) indica que el cuestionario es un instrumento que agrupa una serie de preguntas relativas a un evento, situación o temática particular, sobre el cual el investigador desea obtener información. Asimismo se indica que para la investigación actual se aplicará a la población seleccionada con el fin de obtener información sobre las variables objetos de estudio. Por otro lado, Meneses (2017) plantea que la metodología de encuestas nos permite investigar fenómenos,

como los conocimientos, las actitudes o los comportamientos, donde los participantes son los mejores informadores, bien porque sean observadores directos o bien porque no exista –o no esté a nuestra disposición– una observación independiente del juicio de las propias personas implicadas. Ya sea mediante la creación de un instrumento específico para la ocasión, o reutilizando total o parcialmente un instrumento ya existente.

9. METODOLOGÍA

Principalmente, el abordaje de esta investigación está ligada a una metodología cualitativa basada en los ejes principales mencionados por Tamayo y Tamayo (2004): ser una investigación en servicio del hombre, con finalidad formativa, haciendo uso de información y datos descriptivos y no cuantificados. Se desarrolló un instrumento de investigación, un cuestionario, que permitiera la recolección de información, análisis de datos sin imponer visiones previas, dejando de lado totalmente cualquier perspectiva o predisposición, como plantea Taylor y Bogan (1992); se desarrolla también una herramienta de divulgación: un video que presentará los resultados obtenidos de la investigación.

La investigación cualitativa consiste en descripciones detalladas de situaciones, eventos, personas, interacciones y comportamientos que son observables. Incorpora lo que los participantes dicen, sus experiencias, actitudes, creencias, pensamientos y reflexiones, tal y como son sentidas y expresadas por las personas y no como el investigador describe (Sampieri, 2016). Esta investigación cuenta con un enfoque metodológico de tipo cualitativo. En primera instancia se tienen en cuenta los datos del cuestionario establecido para poder identificar los conceptos previos de los estudiantes con respecto a los espermatozoides de las arañas *Lycosidae* (género: *Lycosa* sp.), creando diferentes porcentajes y estadísticas para poder establecer con exactitud estos patrones teniendo en cuenta una población clara, en este caso, los estudiantes de la Licenciatura en Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, cursos PIFI I y Zoología de Invertebrados. Además, se realiza una revisión de los cortes histológicos para poder rastrear las glándulas reproductivas y con eso los espermatozoides de la araña. Al encontrarlos se realiza una descripción de su morfología y también de las fases que este debe tener para poder convertirse en una célula apta para la reproducción.

A raíz de la información recolectada se determinó que la investigación es de tipo exploratoria puesto que con base a información de anteriores investigaciones sobre espermatozoides en arañas específicamente de *Lycosidae* se determinó que es poco divulgada y superficial. La investigación pretende hacer un acercamiento mayor para dar a conocer la información y así se pueda llegar a tener futuras investigaciones más completas.

Uno de los primeros pasos para la investigación fue la búsqueda en diferentes bases de datos como: researchgate y google académico. Seleccionando principalmente artículos o documentos que tuviesen información respecto a los espermatozoides de arañas.

Los instrumentos utilizados en esta investigación fueron, un cuestionario, realizado con el fin de identificar los conceptos previos de los estudiantes con respecto a las arañas *Lycosidae* (género: *Lycosa* sp.). Este cuestionario fue realizado por medio de una herramienta brindada por Google, llamada Google Forms. Fue compartida por medio de correo electrónico a los estudiantes de los cursos de PIFI I y zoología de invertebrados. Al obtenerse los resultados del cuestionario, se hace una exploración de estos, identificando patrones que permitan guiar el diseño y la realización de la herramienta audiovisual para la divulgación. El cuestionario nos permitió identificar qué perspectivas conocen previamente sobre la morfología de espermatozoides de la araña (Familia: Lycosidae). Los tipos de preguntas trabajadas en el cuestionario de investigación fueron la mitad de tipo cerradas las cuales ofrecen al encuestado que va a ser evaluado todas las alternativas posibles, o al menos todas aquellas que mejor respondan a la situación que deseamos conocer, mediante “SÍ” ó “NO”. Por otro lado se colocaron preguntas abiertas, donde no se ofrece ninguna categoría para elegir. Sólo contienen la pregunta y no ofrece ningún tipo de respuesta, dejando ésta a la consideración del sujeto que completa el cuestionario, siendo estas preguntas de opinión y éstas, a su vez, se concretan para saber qué tanto conocen sobre la morfología del espermatozoide de la araña (Familia: Lycosidae).

Se realizó una recolección de arañas entre el 19 y 30 de septiembre del 2022 en la granja Atahualpa ubicada en la localidad de Usme, Bogotá D.C. Para su identificación hubo apoyo por parte de un integrante del grupo de investigación en Artrópodos Kumangui, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, determinando que las arañas recolectadas fueron únicamente de la familia Lycosidae (*Lycosa* sp). Se depositaron formol buferado durante los siguientes

quince días (posterior a su identificación) para su conservación. Finalmente fueron enviadas a la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá para realizar cortes histológicos.

En laboratorio se realizaron observaciones de los cortes histológicos con el fin de observar: espermatogénesis y espermatozoide de las arañas.

Con lo obtenido en el laboratorio, los resultados de la búsqueda de información y las respuestas del cuestionario se hizo una herramienta audiovisual para divulgar el conocimiento científico que se encontró. Buscando que los estudiantes logren obtener información sobre el espermatozoide y la espermatogénesis de las arañas.

10. RESULTADOS

El cuestionario realizado fue compartido por medio de correo electrónico a estudiantes de los cursos, PIFI I y Zoología de Invertebrados de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, proyecto Licenciatura en Biología. Este cuestionario consta de diez preguntas, de las cuales cinco son preguntas abiertas. Después de tres días se obtuvieron un total de 20 respuestas de los dos grupos seleccionados.

Pregunta número 1. ¿Conoce si existen diferencias entre los espermatozoides del reino animal?

20 respuestas

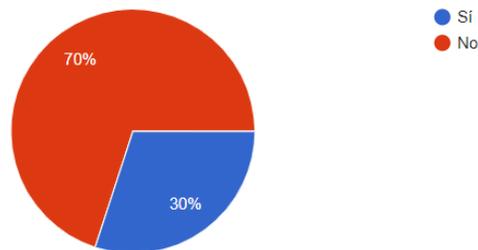


Tabla 1. Gráfica circular con respecto a las respuestas de la pregunta número 1. Fuente: archivo de los autores.

El 70% de las personas encuestadas, es decir, 14 personas, seleccionaron la opción “No”, negando tener algún conocimiento frente a las diferencias de los espermatozoides del reino animal. Por otro lado, el 30% de las personas encuestadas, siendo estas 6 personas, afirman conocer las diferencias entre los espermatozoides del reino animal.

Pregunta número 2. Si tu respuesta fue si, escribe ¿Qué diferencias conoces entre los espermatozoides del reino animal?

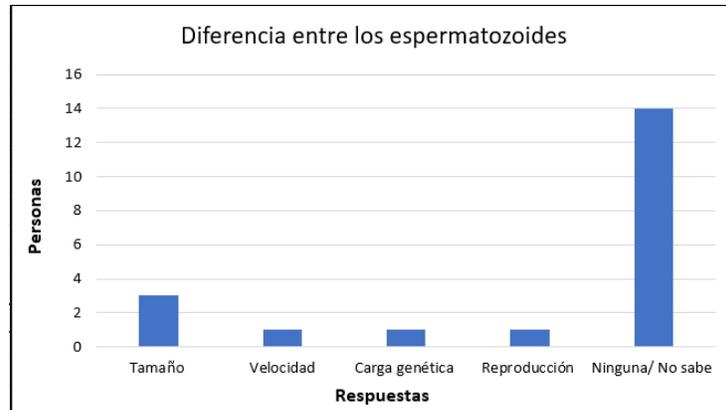


Tabla 2. Diagrama de barras con respecto a las respuestas de la pregunta número 2. Fuente: archivo de los autores.

En este diagrama se evidencia que diferencias conocen los encuestados entre los espermatozoides del reino animal, las respuestas fueron: 14 personas no conocen la diferencia que hay entre los espermatozoides de humano con los de araña, 3 dicen que el tamaño, 1 nombra velocidad, 1 carga genética y 1 reproducción.

Pregunta número 3. ¿Cree usted que el espermatozoide de invertebrados; específicamente en arañas, es igual al del ser humano?

20 respuestas

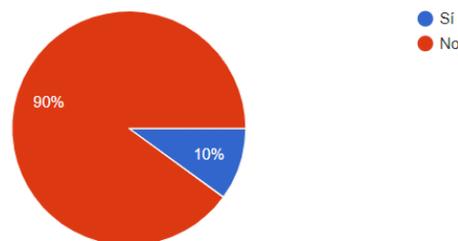


Tabla 3. Gráfica circular con respecto a la pregunta número 3. Fuente: archivo de los autores.

El 90% de las personas encuestadas, siendo este un total de 18 personas, afirman que los espermatozoides en invertebrados y en humanos tienen diferencias notables. Por otro lado, el 10%, siendo 2 personas, consideran que el espermatozoide de los invertebrados, específicamente en arañas, es igual al del ser humano.

Pregunta número 4. Justifica tu respuesta

Respuestas comunes	Respuestas
3	Debido al tamaño del organismo
3	Son especies distintas por lo tanto sus células de igual manera
2	Posiblemente sean mas grande en los invertebrados generalmente, al ser animales mas pequeños. Supongo que en la producción también habría una diferencia, pero no estoy segura
4	Desconozco la reproducción en invertebrados.. y está está ligada a su morfología
2	No es igual, pues debe tener funciones distintas
2	Pensaría que el espermatozoide del ser humano es más grande
1	No porque como lo dije anteriormente, si así fuese los humanos podríamos reproducirnos con las arañas.
1	Al igual que los demas sistemas y celulas, estos se han de parecer en algún aspecto pero no totalmente iguales
2	Son células sexuales masculinas por lo tanto creo que son iguales

Tabla 4. Respuestas frente al conocimiento del espermatozoide de humano en comparación con el de arañas.
Fuente: archivo de los autores.

En la tabla presentada anteriormente demuestra los comentarios respecto al conocimiento previo de cada uno de los encuestados. 4 personas contestaron relacionado a que no conocían la reproducción en invertebrados pero que estaba ligada a la morfología. 3 personas dicen que es debido al tamaño del organismo. 3 personas dicen que son especies distintas por lo tanto sus células son de igual manera. 2 personas dicen que posiblemente sean más grande en los invertebrados generalmente, al ser animales mas pequeños, supongo que en la producción también habría una diferencia. 2 personas escriben que son células sexuales masculinas por lo tanto creo que son iguales.

Pregunta número 5. ¿Logra usted identificar una araña perteneciente a la familia Lycosidae?

20 respuestas

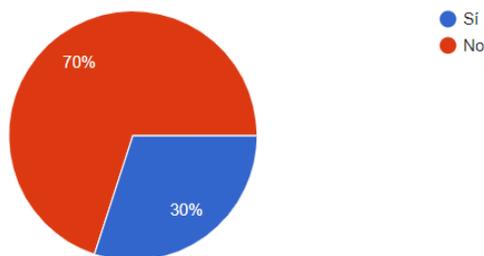


Tabla 5. Gráfica circular con respecto a la pregunta número 5. Fuente: archivo de los autores.

El 30% de las personas encuestadas, siendo este un total de 6 personas, afirman que logran identificar una araña perteneciente a la familia Lycosidae. Por otro lado, el 70%, siendo 14

personas, dicen creer que no saben cómo identificar una araña perteneciente a la familia Lycosidae.

Pregunta número 6. Sí su respuesta fue sí, escriba ¿Cómo logra usted identificar una araña perteneciente a la familia Lycosidae?

Respuestas comunes	Respuestas
1	Las franjas de su espalda , los tricobortios en sus apéndices locomotoras , la disposición de los ojos y los queliceros
1	La disposición de los ojos diferente a otras familias. Queliceros prominentes, manchas en las patas, cuarto par generalmente mas largo.
1	Por la raya longitudinal que tiene ubicada en la cabeza
1	Por su tamaño y posiblemente por la forma como están ubicados los ojitos
1	Por tarántulas
1	Por cómo camina está familia , tiene su abdomen arrastrando en el suelo y se caracterizan por tener unas patas más largas
14	No sé identificarlas

Tabla 6. Respuestas de cómo identifican la familia Lycosidae. Fuente: archivo de los autores.

En la tabla se evidencia que 14 personas desconocen cómo identificar una araña perteneciente a la familia Lycosidae. 1 persona la reconoce por medio de las franjas de su espalda, los tricobotrios en sus apéndices locomotoras, la disposición de los ojos y los quelíceros. 1 persona hace referencia a la disposición de los ojos diferente a otras familias, quelíceros prominentes, manchas en las patas, cuarto par generalmente más largo. Por la raya longitudinal que tiene ubicada en la cabeza. 1 persona dice por su tamaño y por la posición de los ojos. 1 persona hace referencia que por tarántulas. 1 persona las identifica por como camina esa familia y que tiene su abdomen arrastrando en el suelo , también por las patas largas.

Pregunta número 7. ¿Conoce los órganos reproductores en las arañas?

20 respuestas

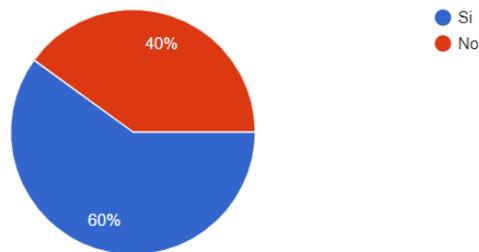


Tabla 7. Gráfica circular con respecto a la pregunta número 7. Fuente: archivo de los autores.

El 60 % de las personas encuestadas, siendo este un total de 12 personas, afirman que logran conocer los órganos reproductores en las arañas. Por otro lado, el 40%, siendo 8 personas, dicen que no saben conocer los órganos reproductores en las arañas.

Pregunta número 8. Sí tu respuesta fue si, escribe los órganos reproductores en las arañas

Respuestas comunes	Respuestas
3	Bulbo copulador (macho) epiginio y operculo genital (hembra)
3	En machos pedipalpos y en las hembras epiginio
3	Gonadas orificio genital
2	Oviducto
9	No conozco los organos reproductores de arañas

Tabla 8. Respuestas frente a lo que conocen de los órganos reproductores de arañas. Fuente: archivo de los autores.

Las respuestas frente al conocimiento de los órganos reproductores de arañas. 3 personas dicen bulbo copulador (macho) epiginio y opérculo genital (hembra). 3 personas comentan personas en machos pedipalpos en las hembras epiginio. 3 personas gónadas orificio genital. 2 dicen personas oviducto y la respuesta de mayor puntaje fue de 9 personas afirmando que no conocen los órganos reproductores.

Pregunta número 9. ¿Conoce qué partes componen el espermatozoide de las arañas Lycosidae?

20 respuestas

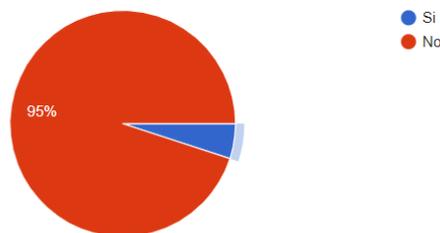


Tabla 9. Gráfica circular con respecto a la pregunta número 9. Fuente: archivo de los autores.

El 5% de las personas encuestadas, siendo este un total de 1 persona, afirman que logran identificar qué partes componen el espermatozoide de las arañas Lycosidae. Por otro lado, el

95%, siendo 19 personas, dicen creer que no saben cómo identificar qué partes componen el espermatozoide de las arañas Lycosidae.

Pregunta número 10. Sí su respuesta fue sí, escriba ¿Qué partes componen el espermatozoide de las arañas Lycosidae?

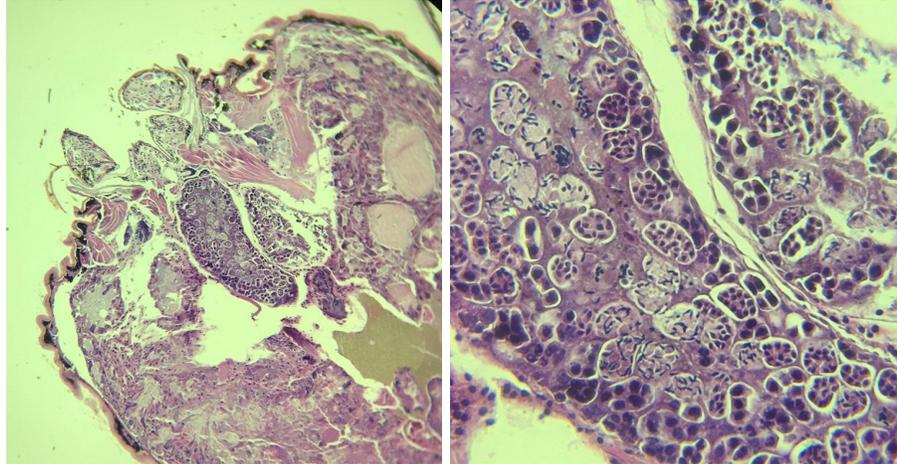
Respuestas comunes	Respuestas
2	Cabeza ,parte intermedia y flagelo
1	No sé, pero son las mismas regiones que el espermatozoide humano ?
17	No conozco

Tabla 10. Respuestas de qué partes conocen del espermatozoide de la araña (Lycosidae). Fuente: archivo de los autores.

En la tabla anterior se evidencian las respuestas sobre lo que conocen de las partes del espermatozoide de arañas. 2 personas dicen cabeza, parte intermedia y flagelo, 1 persona comenta No sé, pero son las mismas regiones que el espermatozoide humano?. 17 personas afirman que no conocen.

Gracias a las respuestas de las 20 personas encuestadas se logró hacer una reconstrucción de los conocimientos previos de los grupos (PIFI I y Zoología de Invertebrados) para así poder guiar la investigación hacia el campo desconocido de los estudiantes y así proseguir con la fase de laboratorio.

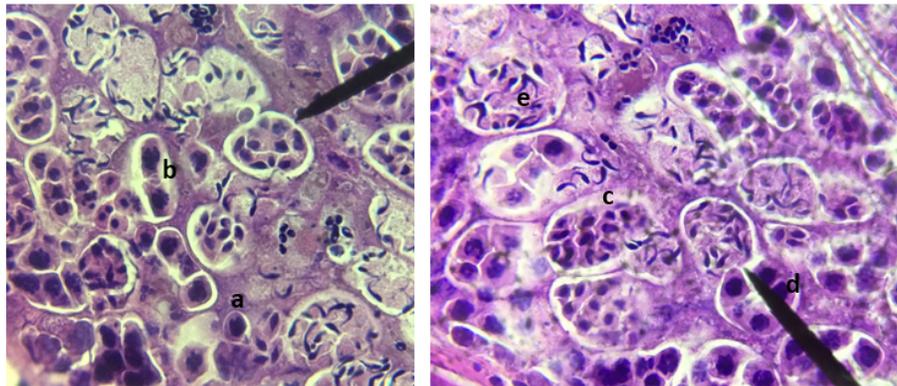
Los cortes histológicos fueron realizados a cuatro arañas macho de la familia *Lycosidae* (género: *Lycosa*), de las cuales se obtuvieron dos láminas. La primera lámina marcada con el código (1&2-227085) y la segunda marcada con el código (3-227085). Se hizo uso de un microscopio óptico de referencia LEICA ICC50 HD con el fin de hacer la observación de cada una de las láminas. En la lámina (3-227085) se pudo evidenciar las gónadas de las arañas (Fig 3.) las cuales se encargan de producir los espermatozoides fértiles para una posible fecundación.



a.

b.

Fig 3. a. Corte histológico en 10x. Lámina (3-227085). Gónadas sexuales masculinas con fases de la espermatogénesis visibles y espermatozoides libres. **b.** Corte histológico en 40x. Lámina (3-227085). Gónadas sexuales masculinas con fases de la espermatogénesis visibles y espermatozoides libres. Fuente: archivo de los autores.



1.

2.

Fig 4. 1,2 Fases de la espermatogénesis vistas al microscopio en aumento 100x, con ayuda de aceite de inmersión **a.** Primera fase de la espermatogénesis con un núcleo esférico definido rodeado por una cubierta de microtúbulos. **b.** Cromatina condensada y núcleo asimétrico. **c.** Espermátides individuales formando el cleistospermia. **d.** Clesitospermas maduras compactas. **e.** Espermatozoides libres y desarrollados. Fuente: Archivo de los autores.

La espermatogénesis es la fase por la cual los espermatozoides se forman, teniendo en cuenta la (Fig 4.) donde se evidencian cinco fases diferenciadas y otras en proceso. La primera fase de la espermatogénesis tiene como eje central un núcleo diferenciado rodeado por una cobertura de microtúbulos, con el microscopio óptico esta fase se diferencia de otras, ya que la célula se

encuentra solitaria y en preparación para poderse dividir. Siguiendo por la fase en que la cromatina (que es material cromosómico) se condensa y el núcleo adquiere una forma asimétrica, esta es conocida como alargamiento celular. Por otro lado, las espermatidas individuales están presentes y se comienzan a dividir preparándose así para la secreción, donde se forma el nombrado cleisto-spermia [1]. Por consiguiente estas gruesas vainas de secreción proceden a madurar y compactarse formando un espermatozoide enrollado y encapsulado que estará listo para fecundar una célula sexual femenina. Situación acorde con lo planteado por Michalik (2014). Por último se evidencian los espermatozoides desenrollados y libres, los cuales tienen un aspecto similar a una “coma”.

[1] Cleistospermia: Células de espermatozoide esféricas individuales, cada una de estas encapsuladas en una vaina secretora.

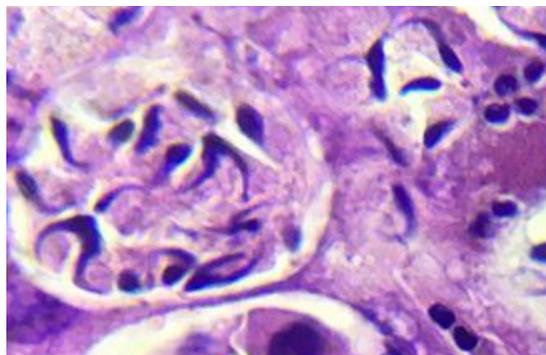


Fig 5. Espermatozoides desenrollados y libres en aumento 100x. Fuente: Archivo de los autores.

Los espermatozoides, como se mencionó anteriormente, tienen una forma alargada similar a una “coma”; sin embargo, consta de partes específicas que son importantes al momento de caracterizar morfológicamente estas células. Según lo planteado por Osaki (1969), en el extremo de la cabeza del espermatozoide, hay un complejo acrosomal especializado que es en donde se resguarda el material genético. Además, este complejo acrosómico intacto consiste en una vesícula acrosómica, cuyo lado anteroposterior está profundamente invaginado, de modo que toda la vesícula forma una vaina alrededor de una delgada fibra acrosomal.

Lo encontrado en la bibliografía y en el laboratorio se utilizó para desarrollar un video de aproximadamente un minuto y cuarenta segundos, donde se explican de manera didáctica los

siguientes temas: un breve recorrido histórico relacionado a las primeras publicaciones relacionadas con el eje principal de la investigación; el proceso de espermatogénesis desde la espermatogonia y sus procesos de división de mitosis, dando origen a los espermatocitos primarios que realizan una meiosis primaria y de esto resultan espermatocitos secundarios que por meiosis secundaria originan espermatidas; siguiendo con un énfasis en el proceso de diferenciación de espermatidas a espermatozoides en las arañas, y de cómo este pasa por una fase de espermatozoide desenrollado a un espermatozoide enrollado; se mencionan también las partes que componen el espermatozoide de las arañas para finalmente revelar los resultados obtenidos durante esta investigación.

10.1. Resultados emergentes

A partir de cada una de las observaciones realizadas en busca de los espermatozoides de las arañas Lycosidae (género: *Lycosa* sp.), se evidenciaron distintas partes de la morfología general de las arañas. Los cortes histológicos al ser realizados de todo el cuerpo de la araña abrieron paso a que fuera posible la observación de órganos de forma clara. Además de esto, se evidencia la diferenciación celular en cada una de las partes del cuerpo.

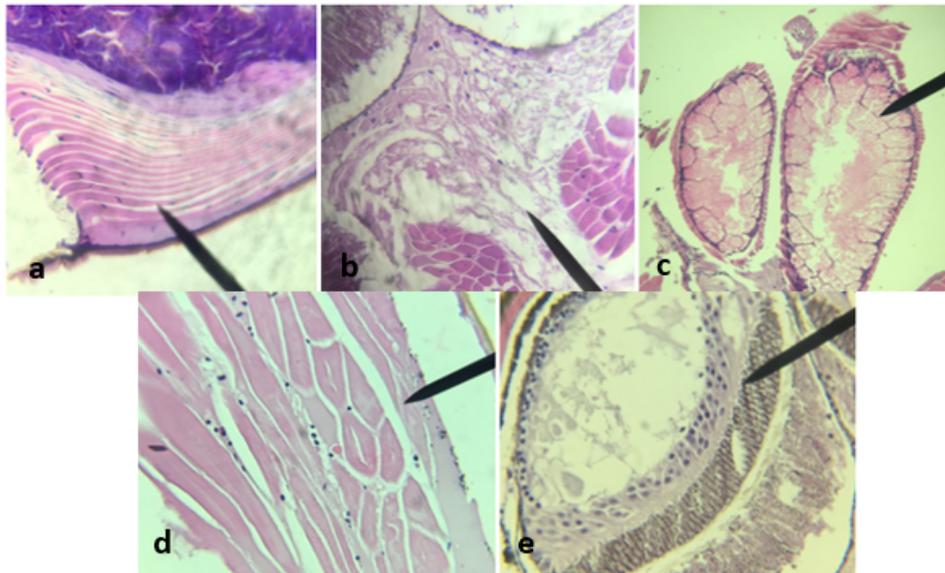


Fig 6. Cortes histológicos de la araña Lycosidae (género: *Lycosa* sp.) en 40x. **a.** Pulmón en libro. **b.** Actividad neuronal. **c.** Glándulas coxales. **d.** Musculatura. **e.** Ojo simple. Fuente: Archivo de los autores.

Las arañas, aunque sean de tamaños muy diversos, comparten un mismo funcionamiento de sus órganos internos. Uno de los órganos más conocidos, por su complejidad y autenticidad, es el pulmón. El pulmón “en libro”, o laminar (Fig 6. a.) es un órgano encargado del intercambio de gases atmosféricos y están formados por una serie de cavidades de tejido del sistema respiratorio de las arañas. Es conocido como “pulmón en libro” ya que la disposición de las filotráqueas es similar a la organización de las hojas de un libro. Cada uno de estos órganos se encuentra dentro de una cavidad abdominal ventral y conecta con el exterior a través de una abertura. Una de las células con mayor diferenciación con otras fueron las células cerebrales o neuronas (Fig 6. b.) teniendo en cuenta que el cerebro de las arañas es grande a comparación con su tamaño, hasta el punto de acoger un 80% de su cuerpo. Las neuronas que se observan en esta imagen, representan neuronas afectadas por los cortes histológicos, sin embargo, quedan rastros del sistema neuronal de estos organismos. Las glándulas coxales (Fig 6. c.) son las encargadas de recolectar y concentrar desechos líquidos de la sangre, además de excretar desechos del cuerpo a través de un poro.

Los músculos de las arañas Lycosidae (género: *Lycosa* sp.) se encuentran compuestos por filamentos particularmente bien organizados lo que hace fácil su diferenciación, estos pueden ser visibles en (Fig. 6. d.). Por último se observaron los ojos que también son llamados “ocelos” (Fig 6. e.) estos son ojos simples con una sola lente que siempre se encuentran mirando hacia el frente con el propósito de moverse y buscar imágenes. Aunque las arañas también poseen ojos secundarios que son más pequeños y no se mueven, estos no fueron observados en la práctica. Esta información fue recogida gracias a las afirmaciones de Brusca y Brusca, (2005).

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las respuestas obtenidas a partir de la encuesta realizada, se inclinaron hacia el desconocimiento de la morfología del espermatozoide de las arañas Lycosidae (*Lycosa* sp.). En la pregunta número uno, el mayor porcentaje de personas encuestadas no tienen conocimientos frente a la diferencia de un espermatozoide humano con el de una araña. Esto se debe en gran medida a la falta de enseñanza de estos temas en clases, este hecho puede tener una relación con los DBA

(derechos básicos del aprendizaje) ya que durante la formación escolar primaria y secundaria no se evidencia profundización o diferencias relacionadas a este tema.

En la pregunta número dos, un grupo mayoritario de personas no reconocen las diferencias entre los espermatozoides del reino animal, sin embargo las personas que reconocen diferencias hacen énfasis en el tamaño, la velocidad, la carga genética y la reproducción. Estas características han sido evidenciadas Alberti (1991), los espermatozoides, que presentan muchos estados de carácter aparentemente plesiomórficos para las arañas (un complejo acrosómico compuesto por una vacuola acrosómica de forma cónica y un filamento acrosómico que va hasta el final de un canal nuclear, un alargamiento nuclear postcentriolar, un axonema con un patrón 9x2 -f- 3 mitocondrias situadas en el centro, y un enrollamiento del núcleo y del flagelo al final de la de la espermiogénesis) y dos estados que pueden ser sinapomorfos para los araneomorfos (un núcleo núcleo grueso y un alargamiento nuclear muy pronunciado).

En la pregunta número cuatro, la mayoría de personas no tienen conocimiento de las diferencias en el esperma de humano en comparación con el de arañas, sin embargo las personas que conocen hace referencia al tamaño, a las células distintas, funciones distintas, también que el esperma era igual por ser células masculinas. Michalik (2014), los espermatozoides se caracterizan por las siguientes características, complejo acrosomal: la vacuola acrosomal tiene forma de flecha en secciones longitudinales, la parte posterior está hundida en el polo anterior del núcleo, el filamento acrosomal llena completamente el espacio sub acrosómico y se extiende hacia el canal nuclear, pero termina antes de la base axonema.

En la pregunta número seis, se evidencia que la mayoría de las personas no conocen cómo identificar la araña (Lycosidae), sin embargo otras personas dan las características para poderlo identificar como lo es en la línea de la mitad de la cabeza, disposición de los ojos, por tarántulas, por tamaño, por las patas y por como camina.

En la pregunta número ocho, la mayoría de las personas afirma que no conocen de los órganos reproductores de arañas, otros encuestados por el bulbo copulador (macho) y opérculo genital (hembra), por pedipalpos (machos), por gónadas orificio genital y oviducto. Michalik (2014), el sistema genital masculino consta de dos testículos largos y tubulares que desembocan en conductos deferentes enrevesados. El conducto eyaculador está agrandado y contiene una gran cantidad de esperma y secreción

Los espermatozoides encontrados en los cortes histológicos, presentan todas las fases de la espermatogénesis y una forma alargada similar a una “coma”. Los autores hablan en términos morfológicos de los espermatozoides de otras arañas, en un principio Osaki (1969) que plantea que los espermatozoides de las arañas *Lipiistida Heptathela Kimurai*, están envueltos por una vaina membranosa formada por una extensión de la envoltura nuclear. Un único centriolo que se encuentra en una invaginación del extremo posterior del núcleo y un largo flagelo que sale del centriolo se enrolla de 3 a 4 veces alrededor de la periferia de la región citoplasmática, además, la parte central del flagelo está envuelta por la vaina mitocondrial. Teniendo en cuenta esta información, se comparan los espermatozoides vistos junto con los planteados anteriormente y se tiene que las partes que lo componen son las mismas puesto que la espermatogénesis cumple con un proceso generalizado. Michalik (2014) , habla de la última fase de la espermiogénesis en la cual el núcleo y los axonemas se enrollan dentro de la célula y se forma una vaina de secreción de varias capas que representa la cleistospermia. La función de la gruesa vaina de secreción es aún desconocida pero podría estar relacionada con el tiempo de residencia en la hembra (inseminación), aunque su investigación está centrada en la familia Lycosidae, la especie es *Schizocosa malitiosa*. Por otro lado, Pitnick (2009) al estudiar especies hermanas de *Drosophila* tuvo como resultado que los fenotipos de los espermatozoides están determinados predominantemente por la expresión de genes testiculares y, por lo tanto, por el genoma diploide del macho. Un caso especial de variación intra macho en la forma de esperma se encuentra en especies con heteromorfismo de esperma, en el que los individuos producen regularmente diferentes formas de esperma. Las diferencias entre los machos en la morfología de los espermatozoides pueden derivar de influencias tanto genéticas como ambientales.

Al realizar la herramienta multimedia, se siguieron los pasos propuestos por Ramos y Flores (2014), empezando con la escritura de un guion separado en escenas, en el que se presenta el diálogo y las imágenes que serán base de cada una. Y con este, se produce el video en la herramienta de diseño Canva en su versión premium, teniendo en cuenta no solo el contenido, sino también los demás componentes que son necesarios para que fuera llamativo y dinámico, como las transiciones, los colores, las imágenes, el fondo y los efectos.

12. CONCLUSIONES

El desconocimiento de las personas pertenecientes a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Licenciatura en Biología, de los cursos PIFI I y Zoología de Invertebrados sobre temas como la espermatogénesis y la morfología específica de los espermatozoides de la araña Lycosidae (género: *Lycosa* sp.) se debe a la falta de divulgación y profundización de estos temas. En gran medida se piensa que los espermatozoides del reino animal son iguales al del ser humano, esto es gracias a que la enseñanza y los DBA (Derechos Básicos del aprendizaje) no se enfocan en temas que pueden ayudar a la comprensión de las diferencias importantes entre los grandes grupos de animales existentes en el mundo.

Los espermatozoides de la araña Lycosidae (género: *Lycosa*) vistos en los cortes histológicos realizados, cuentan con una forma similar a una “coma” la cual se divide en partes como lo son el complejo acrosomal y la fibra acrosomal. La espermatogénesis es un proceso que es general para las células sexuales en el reino animal ya que es la forma en la que se dividen y producen los espermatozoides, en el caso de las arañas, las últimas fases de este proceso difieren, ya que tienen una fase de alargamiento y enrollamiento dependiendo la etapa que se visualice. Además de esto, la morfología de los espermatozoides en las diferentes especies de arañas cuentan con las mismas partes funcionales, sin embargo, pueden diferir en formas gracias a factores ambientales y genéticos.

La herramienta audiovisual propuesta concreta de una manera didáctica y fácil de entender la información recolectada en bibliografía y en las revisiones de laboratorio; esto permite presentar de manera clara la información sobre el tema de los espermatozoides, establecer nuevas bases en el conocimiento de los estudiantes y presentar formas innovadoras de tratar temas e ideas a los estudiantes de la Universidad Francisco José de Caldas.

13. RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar en esta investigación con herramientas más exactas, por ejemplo, con el microscópico MET (Microscopio electrónico de transmisión) en el cual se pueda observar de manera más detallada las características morfológicas. Además de esto, contar con herramientas de medición para hacer una comparación más exhaustiva de los espermatozoides en el reino animal, estas pueden ser aplicaciones virtuales o láminas micrométricas de mayor precisión. Por último, probar con otros métodos de extracción del esperma para así tener más formas de observar las células y tener más actividad comparativa.

14. BIBLIOGRAFÍA

Alarcón, P., Brienza, I., Cámpora, T., Capocasa, J., Masiá Rojkin, M., & Scataglini, M. (2020). *Morfología espermática y tinciones*. FBIO y F.

Alberti, G. (1979). Zur Feinstruktur der Spermien und Spermioctogenese von *Prokoenenia wheeleri* (Rucker, 1901) (Palpigradi, Arachnida). *Zoomorphologie*, 94(1), 111-120.

Alberti, G. (1980a). ZUR FEINSTRUKTUR DER SPERMIEN UND SPERMIOCTOGENESE DER MILBEN (ACARI). I: ANACTINOTRICHIDA.

Alberti, G. (1980b). Zur feinstruktur der spermien und spermioctogenese der Milben (Acari). II. Actinotrichida.

Alberti, G. (1980c). Zur Feinstruktur des Hodenepithels und der Spermien von *Eusimonia mirabilis* Roewer 1934 (Solifugae, Arachnida).

Alberti, G. (1990). Comparative spermatology of Araneae. *Acta Zoologica Fennica*, 190, 17-34.

Ana Yervid Rodríguez, Ana Yaneth Lizarazo. 2016. Comparación morfométrica de espermatozoides humanos y animales domésticos, teñidos con la coloración de árbol de navidad. 1: 1-3. doi: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/ml/article/view/1388/1467>

Bertkau, P. (1875). Über den Generations apparat der Araneiden. *Arch Naturgesch*, 41, 235-262.

Bertkau, P. (1877). Über die Übertragungsorgane und die Spermatozoen der Spinnen. *Verh Nat Ver Preuss Rheinlande*, 34, 28-32.

Cebrian Herreros, M. (1987): El vídeo educativo. En SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PEDAGOGÍA : II Congreso de tecnología Educativa, Madrid, Sociedad Española de Pedagogía,53-74.

Costa, F. Huber, B. Useta, G. 2007. Spermathecal morphology and sperm dynamics in the female *Schizocosa malitiosa* (Araneae: Lycosidae). *European Journal of Entomology* 104(4):777-785.

Costa, F. Aisenberg, A. 2005. Females Mated without Sperm Transfer Maintain High Sexual Receptivity in the Wolf Spider *Schizocosa malitiosa*. Laboratorio de Etología, Ecología y Evolución, Instituto de Investigaciones Biológicas.

Dallai, R., Xué, L., & Yin, W. Y. (1992). Flagellate spermatozoa of Protura (Insecta, Apterygota) are motile. *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 21(2), 137-148.

Dimitrov, Dimitar and Gustavo Hormiga. 2009. Tetragnathidae Menge 1866. Version 09 March 2009. Doi: <http://tolweb.org/Tetragnathidae/2799/2009.03.09> in The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org/>

Fernando Alvarez-Padilla, Gustavo Hormiga. 2011, Morphological and phylogenetic atlas of the orb-weaving spider family Tetragnathidae (Araneae: Araneoidea). *Zoological Journal of the*

Linnean Society, Volume 162, Issue 4, August 2011, Pages 713–879, <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2011.00692.x>.

García, E. C. 2012. Mecanismos de especiación ecológica en plantas y animales. *Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias*, 14(2), 7-13.

Giribet, G., Edgecombe, G. D., Wheeler, W. C., & Babbitt, C. (2002). Phylogeny and Systematic Position of Opiliones: A Combined Analysis of Chelicerate Relationships Using Morphological and Molecular Data 1. *Cladistics*, 18(1), 5-70.

González, A; Scioscia, C & González S. (1998). Arañas ponzoñosas. *Revista Museo*, p 49-54.

Jamieson, B. G. M., Dallai, R., & Afzelius, B. A. (1999). *Insects: their spermatozoa and phylogeny*. Science Publishers, Inc..

Hurtado, J. (2009). MARCO METODOLÓGICO CAPÍTULO III. *Guía para la comprensión holística de la ciencia*.

Manier, M. K., Belote, J. M., Berben, K. S., Lüpold, S., Ala-Honkola, O., Collins, W. F., & Pitnick, S. (2013). Rapid diversification of sperm precedence traits and processes among three sibling *Drosophila* species. *Evolution*, 67(8), 2348-2362.

Marotta, R., Ferraguti, M., Erseus, C., & Gustavsson, L. M. (2008). Combined-data phylogenetics and character evolution of Clitellata (Annelida) using 18S rDNA and morphology. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 154(1), 1-26.

Meneses, J. (2017). El cuestionario. *Construcción de instrumentos para la investigación en las ciencias sociales y del comportamiento*. PID_00234754.

Michalik, P., Aisenberg, A., Postiglioni, R., & Lipke, E. (2013). Spermatozoa and spermiogenesis of the wolf spider *Schizocosa malitiosa* (Lycosidae, Araneae) and its functional and phylogenetic implications. *Zoomorphology*, 132(1), 11-21.

Michalik, P., & Ramírez, M. J. (2014). Evolutionary morphology of the male reproductive system, spermatozoa and seminal fluid of spiders (Araneae, Arachnida)—Current knowledge and future directions. *Arthropod Structure & Development*, 43(4), 291-322.

Lara P, Roque M. 2021, Validación de la escala uso y función de las TIC en contexto educativos para estudiantes de educación superior. 1:1-18.

LEY 1341 DE 2009. Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones. 30 de Julio de 2009. D.O. No 47426

OSAKI, H. (1969). Electron microscope study on the spermatozoon of the liphistiid spider, *Heptathela kimurai*. *Acta Arachnologica*, 22(1), 1-13.

.

Platnick NI 2009. The world spider catalog. Version 10.0. The American Museum of Natural History. Available at: <http://research.amnh.org/entomology/spiders/catalog>

Prieto, I. S. (2017). *ESPERMIOGRAMA BÁSICO*. Fundación J.L.Castaño para el desarrollo del laboratorio clínico.

Ramos, L. M., & Flores, T. G. (2014). El vídeo como recurso didáctico para reforzar el conocimiento. *Memorias del encuentro internacional de educación a distancia*, (3).

Rubio, G. D., Minoli, I. Piacentini, L. 2007. Patrones de abundancia de cinco especies de arañas lobo (Araneae: Lycosidae) en dos ambientes del Parque Nacional Mburucuyá, Corrientes, Argentina. *Brenesia*, 67, 59-67.

Sampieri, R. (2016). metodología de la investigación .

Shultz, J. W. (2007). A phylogenetic analysis of the arachnid orders based on morphological characters. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 150(2), 221-265.

Tamayo, M. (2004). El proceso de la investigación científica. Editorial Limusa.

15. ANEXOS

- Formulario Google.

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScp884mzCbv040uGVc1iNiMk2tB4541iQj3Nd6i9zBor5vLLQ/viewform?usp=sf_link

- Video sobre el espermatozoide de arañas.