



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**Trabajo de fin de Máster titulado:**

**Caracterización de la fotobiomodulación con luz roja en la proliferación y  
transferencia mitocondrial en células estromales mesenquimales humanas:**

**un estudio *in vitro***

**Realizado por:**

Ing. Abigail Benavides Almeida

**Directores del proyecto:**

María Fernanda Gutiérrez, PhD.

Andrés Caicedo, PhD.

**Como requisito para la obtención del título de:**

**MAGISTER BIOMEDICINA**

QUITO, 30 de marzo del 2026

## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Mayra Abigail Benavides Almeida, ecuatoriana, con Cédula de ciudadanía N° 1722243340, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



---


Ing. Abigail Benavides Almeida

C.I.: 1722243340

## DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

ANDRES  
BERNARDO  
CAICEDO PALIZ



Firmado digitalmente  
por ANDRES BERNARDO  
CAICEDO PALIZ  
Fecha: 2026.03.31  
18:18:37 -05'00'

---

María Fernanda Gutiérrez, PhD.

---

Andrés Caicedo, PhD.

**LOS PROFESORES INFORMANTES:**

MSc. Dámaris Priscila Intriago Baldeón

MSc. Rubén Alexander Maldonado Orbe

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

---

MSc. Dámaris Priscila Intriago Baldeón

---

MSc. Rubén Alexander Maldonado Orbe

Quito, 30 de marzo de 2026

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



---

Ing. Abigail Benavides Almeida

C.I.: 1722243340

## **DEDICATORIA**

A mis padres y a Sebastián.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, a mi familia, a Sebastián y al equipo de investigación Dragon Biomed.



Artículo de tesis

# Caracterización de la fotobiomodulación con luz roja en la proliferación y transferencia mitocondrial en células estromales mesenquimales humanas: un estudio *in vitro*

Abigail Benavides-Almeida<sup>12345</sup>, María Fernanda Gutiérrez-Bravo<sup>6</sup> and Andrés Caicedo<sup>2345\*</sup>

<sup>1</sup> Maestría en Biomedicina, Facultad de Ciencias de la Salud, UISEK; [mavra.benavides@uisek.edu.ec](mailto:mavra.benavides@uisek.edu.ec)

<sup>2</sup> Escuela de Medicina, Colegio de Ciencias de la Salud, Universidad San Francisco de Quito USFQ, Quito, Ecuador

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones en Biomedicina iBiomed, Universidad San Francisco de Quito USFQ, Quito, Ecuador

<sup>4</sup> USFQ Space Front, Universidad San Francisco de Quito USFQ, Quito, Ecuador

<sup>5</sup> Mito-Act Research Consortium, Quito, Ecuador

<sup>6</sup> Grupo de Investigación en Biomedicina Experimental y Aplicada, Facultad de Ciencias de la Salud, UISEK; [maria.gutierrezb@uisek.edu.ec](mailto:maria.gutierrezb@uisek.edu.ec)

\* Autor de Correspondencia: [acaicedo@usfq.edu.ec](mailto:acaicedo@usfq.edu.ec)

**Resumen:** La fotobiomodulación (FBM) es una terapia no invasiva que modula la actividad mitocondrial y la regeneración tisular; sin embargo, sus mecanismos subyacentes aún no se comprenden completamente. Las células estromales mesenquimales (MSC) se utilizan ampliamente en aplicaciones regenerativas, pero presentan una supervivencia y capacidad proliferativa limitadas *in vivo*, lo que restringe su eficacia clínica. Si bien se ha demostrado que la FBM mejora la proliferación de las MSC e influye en la dinámica mitocondrial, su efecto sobre la transferencia mitocondrial horizontal, un mecanismo regenerativo clave, permanece en gran medida inexplorado. En este estudio, se evaluó el efecto de la FBM con luz LED roja sobre la proliferación y la transferencia mitocondrial horizontal en WJ-MSC humanas aplicando un diseño experimental *in vitro* con dosis de energía de 0.9, 5.4 y 8.1 mJ/cm<sup>2</sup> (10, 60 y 90 s de irradiación). La proliferación se cuantificó por citometría de flujo y la transferencia mitocondrial mediante co-cultivos analizados por microscopía de fluorescencia. Los resultados indicaron que las dosis de 5.4 y 8.1 mJ/cm<sup>2</sup> incrementaron significativamente la proliferación celular (1.15 y 1.25 veces, respectivamente) en comparación con el control. Sin embargo, no se observaron cambios significativos en la frecuencia de transferencia mitocondrial para ninguna de las dosis evaluadas. Se concluyó que el tratamiento de 5.4 mJ/cm<sup>2</sup> constituye la condición óptima para estimular la proliferación de WJ-MSC. Sin embargo, bajo los parámetros físicos analizados, la FBM no promueve la transferencia mitocondrial horizontal, lo que sugiere que este mecanismo requiere de estímulos adicionales o condiciones de estrés microambiental para ser potenciado.

**Palabras clave:** células estromales mesenquimales, fotobiomodulación, luz roja, proliferación celular, transferencia mitocondrial

**Abstract:** Photobiomodulation (PBM) is a non-invasive therapy that modulates mitochondrial activity and tissue regeneration; however, its underlying mechanisms are not yet fully understood. Mesenchymal stromal cells (MSCs) are widely used in regenerative applications, but they exhibit limited survival and proliferative capacity *in vivo*, restricting their clinical efficacy. Although PBM has been shown to enhance MSC proliferation and influence mitochondrial dynamics, its effect on horizontal mitochondrial transfer, a key regenerative mechanism, remains largely unexplored. In this study, the effect of red LED PBM on proliferation and horizontal mitochondrial transfer in human WJ-MSCs was evaluated using an *in vitro* experimental design with energy doses of 0.9, 5.4, and 8.1 mJ/cm<sup>2</sup> (10, 60, and 90 s of irradiation). Proliferation was quantified by flow cytometry, and mitochondrial transfer was assessed through co-cultures analyzed by fluorescence microscopy. Results indicated that doses of 5.4 and 8.1 mJ/cm<sup>2</sup> significantly increased cell proliferation (1.15 and 1.25-fold, respectively) compared to the control. However, no significant changes in mitochondrial transfer frequency were observed for any of the evaluated doses. It was concluded that the 5.4 mJ/cm<sup>2</sup> treatment constitutes the optimal condition for stimulating WJ-MSC proliferation. Nonetheless, under the analyzed physical parameters, PBM does not promote horizontal mitochondrial transfer, suggesting that this mechanism requires additional stimuli or microenvironmental stress conditions to be enhanced.

**Keywords:** mesenchymal stem cells, photobiomodulation, red light, cell proliferation, mitochondrial transfer