
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN
PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**Efecto de las vesículas extracelulares de adipocitos
infectados con *M. tuberculosis* en función de los
macrófagos humanos**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Diana Melina Hernández González

Matricula: 2203021105

Asesora interna

Dra. Patricia Castilla Hernández

No. económico: 30606

Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Departamento de El Hombre
y su Ambiente

Asesora externa

Dra. Yolanda González Hernández

Cédula profesional: 10961201

Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, Departamento de
Investigación en Microbiología

Resumen

La tuberculosis (TB) sigue siendo un problema de salud pública a nivel global (OMS, 2025) y el riesgo de infección aumenta en personas con enfermedades como Diabetes mellitus tipo 2 (DM2) y obesidad, que afectan la respuesta del sistema inmunológico (Méndez et al., 2017). El objetivo del informe de servicio social por actividades relacionadas con la profesión, Licenciatura en Biología, fue aislar las vesículas extracelulares (EVs), para su cuantificación y caracterización y así usarlas en ensayos funcionales. Durante el servicio social se participó apoyando en los proyectos *“Efecto de las vesículas extracelulares de adipocitos infectados con M. tuberculosis en función de los macrófagos humanos” C21-22* y *“Efecto de las vesículas extracelulares (EVs) secretadas por pacientes con tuberculosis y diabetes mellitus tipo 2 en la modulación de la respuesta inmune hacia M. tuberculosis por macrófagos humanos” B06-23*, contribuyendo en el aislamiento, cuantificación y análisis de las vesículas extracelulares (EVs) de suero de voluntarios Sanos (S), con Tuberculosis (TB), con Diabetes mellitus tipo 2 (DM2) y con Tuberculosis y Diabetes mellitus tipo 2 (TB+DM2).

Los resultados preliminares mostraron variaciones importantes en la concentración de proteínas de las EVs entre los diferentes grupos: en los sanos estuvo entre 2.3 y 17.8 µg/ml, en DM2 entre 2.3 y 12.4 µg/ml, en TB entre 3.5 y 15.6 µg/ml y en TB+DM2 entre 3.2 y 13.6 µg/ml. Al comparar los promedios de cada grupo, las EVs de pacientes con

TB+DM2 presentaron la mayor concentración promedio (7.54 µg/ml), seguido por los Sanos (7.39 µg/ml), DM2 (6.36 µg/ml) y TB, que fue el grupo con menor promedio (5.7µg/ml). Estos resultados sugieren que la TB y la DM2 podrían influir en la secreción de EVs destacando la importancia de las vesículas extracelulares como mediadores en la interacción celular y posibles indicadores de respuesta inmunitaria, así como su relevancia para futuras estrategias de diagnóstico o tratamiento en personas con estas enfermedades.

Palabras clave: Tuberculosis, diabetes, grupos de voluntarios, proteínas y vesículas extracelulares.

Índice

1.-Introducción.....	3
2.-Lugar de realización	3
3.-Marco institucional.....	3
4.-Objetivos de las actividades realizadas.....	4
5.-Descripción específica de las actividades desarrolladas.....	5
5.1.- Apoyo en aplicación de cuestionarios para el reclutamiento de voluntarios	5
5.2 Disgregación de tejido adiposo (TA) de voluntarios sometidos a procedimientos quirúrgicos dentro del INER	6
5.3 Preparación de soluciones y diluciones	7
5.4 Extracción de vesículas extracelulares.....	7
5.5 Lisis de EVs para la cuantificación de proteínas	8
5.6 Cuantificación de proteínas vesiculares por el método de Bradford.....	9
5.7.-Resultados.....	10
5.8 Conclusión	13
6.- Vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos del plan de estudios.....	13
7.-Referencias	15
8.-Visto Bueno de los asesores	17

1.-Introducción

La tuberculosis (TB) es una enfermedad infecciosa causada por *Mycobacterium tuberculosis* que afecta a aproximadamente una cuarta parte de la población mundial. Según la Organización Mundial de la Salud en 2023 se registraron 8.2 millones de casos nuevos de tuberculosis y alrededor de 1.25 millones de personas fallecieron a causa de esta enfermedad (OMS, 2024). Se ha observado que individuos inmunocomprometidos, como aquellos con diabetes mellitus (DM), presentan un mayor riesgo de desarrollar tuberculosis activa. El riesgo de TB activa es entre dos y cuatro veces mayor en personas con DM, y hasta un 30% de los individuos con tuberculosis podrían presentar diabetes (Velasco et al., 2020).

Por otro lado, se ha reportado que las vesículas extracelulares (EVs) tienen funciones reguladoras en otras células. Las EVs son partículas extracelulares de un tamaño de entre 50-150 nm compuestas por una capa lipídica de membrana celular y son secretadas por las células al espacio extracelular, estas EVs se pueden encontrar en los fluidos biológicos. Las EVs son un conjunto de microvesículas de composición heterogénea, ya que pueden contener en su interior lípidos bioactivos, proteínas, ácidos nucleicos como RNAm y microRNAs (miRNAs). Estas vesículas pueden originarse a partir de la membrana plasmática o del lumen de compartimientos intracelulares (Barrena López, 2021). Debido a que la diabetes está asociada con un mayor riesgo a desarrollar TB, estamos hipotetizando que las EVs podrían tener un papel clave en la regulación de la respuesta inmunitaria hacia patógenos como *M. tuberculosis*.

2.-Lugar de realización

Las actividades se desarrollaron en El Departamento de Investigación en Microbiología, el cual se encuentra dentro del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), Ismael Cosío Villegas. Ubicado en Calzada de Tlalpan 4502, Alcaldía Tlalpan, Colonia Belisario Domínguez, Sección XVI, Ciudad de México.

3.-Marco institucional

El INER tiene la misión de mejorar la salud respiratoria de los individuos y las comunidades a través de la investigación, la formación de recursos humanos y la atención médica especializada (INER, 2024). Mientras que su visión es ser la entidad nacional normativa en salud respiratoria y el principal sitio de enseñanza, investigación, promoción y atención de alta especialidad, con competitividad nacional e internacional (INER, 2024).

Como institución el INER tiene los siguientes objetivos:

- Desarrollar y promover investigación básica y aplicada para la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de las enfermedades respiratorias.
- Impartir enseñanza de posgrado a profesionales de la medicina y contribuir a la formación del personal de enfermería, de técnicos y auxiliares en el campo de las enfermedades respiratorias.
- Proporcionar consulta externa y hospitalaria a pacientes que ameriten tratamiento especializado en materia de enfermedades respiratorias.
- Asesorar a unidades médicas y centros de enseñanza para la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de enfermedades respiratorias.
- Realizar y promover eventos y reuniones de carácter nacional e internacional para intercambiar experiencia y difundir los avances que logren en su área de acción.

4.-Objetivos de las actividades realizadas

General

Aislar las EVs de adipocitos infectados con *M. tuberculosis* de sobrenadante de cultivo y suero de pacientes con tuberculosis (TB), tuberculosis con diabetes mellitus tipo 2 (TB+DM2), diabetes mellitus tipo 2 (DM2) y sujetos sanos (S) para la cuantificación y caracterización requeridos para su uso en ensayos funcionales.

Particulares

- Aislamiento y purificación de EVs provenientes del suero de pacientes con TB, TB+DM2, DM2 y sujetos sanos.
- Cuantificación y caracterización de EVs mediante técnicas colorimétricas (BSA).
- Disgregación y aislamiento de adipocitos a partir de muestras de tejido adiposo para los cultivos de liberación de vesículas.
- Preparación de soluciones y diluciones para los protocolos experimentales.

- Asistencia en el proceso de selección de pacientes por medio de cuestionarios para la obtención de muestras de suero de pacientes del protocolo “Efecto de las vesículas extracelulares (EVs) secretadas por pacientes con tuberculosis y diabetes mellitus tipo 2 en la modulación de la respuesta inmune hacia *M. tuberculosis* por macrófagos humanos”.

5.-Descripción específica de las actividades desarrolladas

Se cuenta con un biobanco de sueros de pacientes con tuberculosis, tuberculosis y diabetes mellitus tipo 2, diabetes mellitus tipo 2 y sujetos sanos para extraer EVs que debe completar 51 voluntarios por grupo, por lo que se invitaron a participar a pacientes con tuberculosis, tuberculosis y diabetes mellitus tipo 2, diabetes mellitus tipo 2, entre 18-70 años de edad, que dieron su consentimiento por escrito para participar en el proyecto.

A los pacientes se les aplicó un cuestionario, se les entregó una copia de la carta de consentimiento y se les tomó una muestra de sangre periférica, para separar el suero, que posteriormente se utilizó para extraer EVs.

5.1.- Apoyo en aplicación de cuestionarios para el reclutamiento de voluntarios

Se realizó un acercamiento con respeto a pacientes que fueran candidatos para participar en el proyecto “*Efecto de las vesículas extracelulares (EVS) secretadas por pacientes con tuberculosis y diabetes mellitus tipo 2 en la modulación de la respuesta inmune hacia M. tuberculosis por macrófagos humanos*”, clave B06-23, posteriormente se les dio una breve explicación sobre la función de su contribución para la sociedad, después se les preguntó si querían colaborar con el proyecto, consecuentemente se procedió a realizar una entrevista que duró aproximadamente 40 minutos, en un lugar tranquilo y despejado para que el candidato se sintiera cómodo en todo momento.

Cabe aclarar que a los candidatos a voluntarios en ningún momento se les presionó u obligó a acceder en el proceso de donación de muestra para el proyecto y tampoco se les pidieron datos personales.

5.2 Disgregación de tejido adiposo (TA) de voluntarios sometidos a procedimientos quirúrgicos dentro del INER

Las muestras de tejido adiposo (TA), que se obtuvieron a partir de biopsias de pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos dentro del INER, se transportaron con un recipiente secundario hasta el Departamento de Investigación en Microbiología y se almacenaron en contenedores con Medio de Transporte (MT) que contiene Buffer Fosfato Salino (PBS), penicilina/estreptomicina y gentamicina, se dejaron dentro del refrigerador a 4 °C durante la noche, posteriormente por la mañana se trasladaron al gabinete de bioseguridad, el tejido se cortó en trozos de 5-10 mg utilizando tijeras estériles, luego se colocaron en tubos C MACS con 5 ml de medio de transporte. El TA triturado se filtró a través de una gasa estéril colocada en la boca de un tubo de 50 ml para recolectar los adipocitos, evitando la contaminación. La suspensión celular se agitó en vórtex y se centrifugó a 1500 rpm durante 10 minutos (Figura 1a). Los adipocitos se transfirieron a tubos nuevos de 5 ml con 3 ml de medio 199 suplementado con antibióticos, se contaron y se ajustó la suspensión celular a una concentración a 5×10^6 adipocitos por ml para su posterior infección con la cepa no patógena de *M. tuberculosis* (Figura 1b).

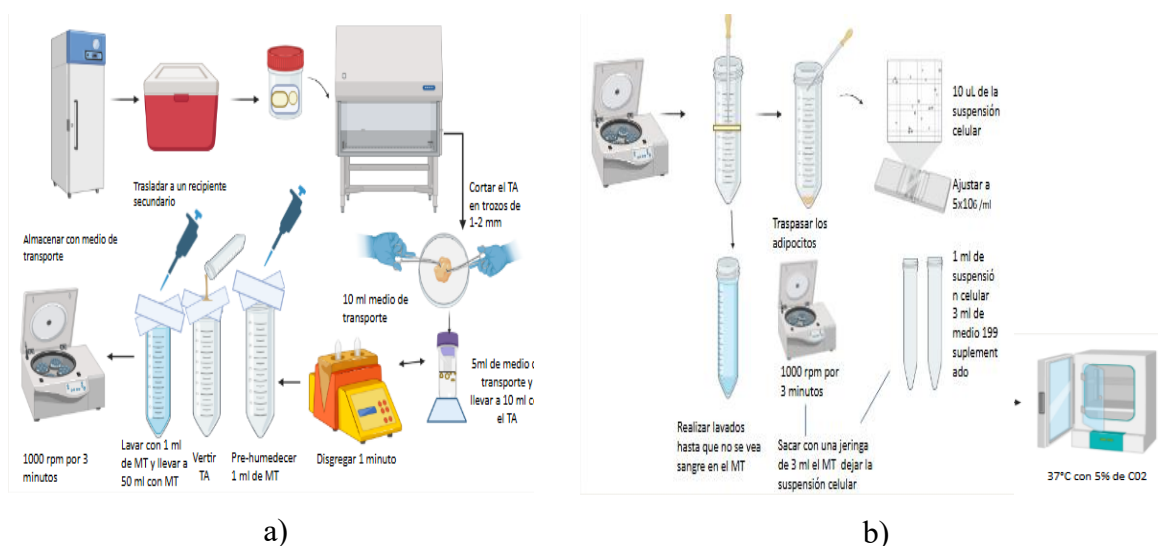


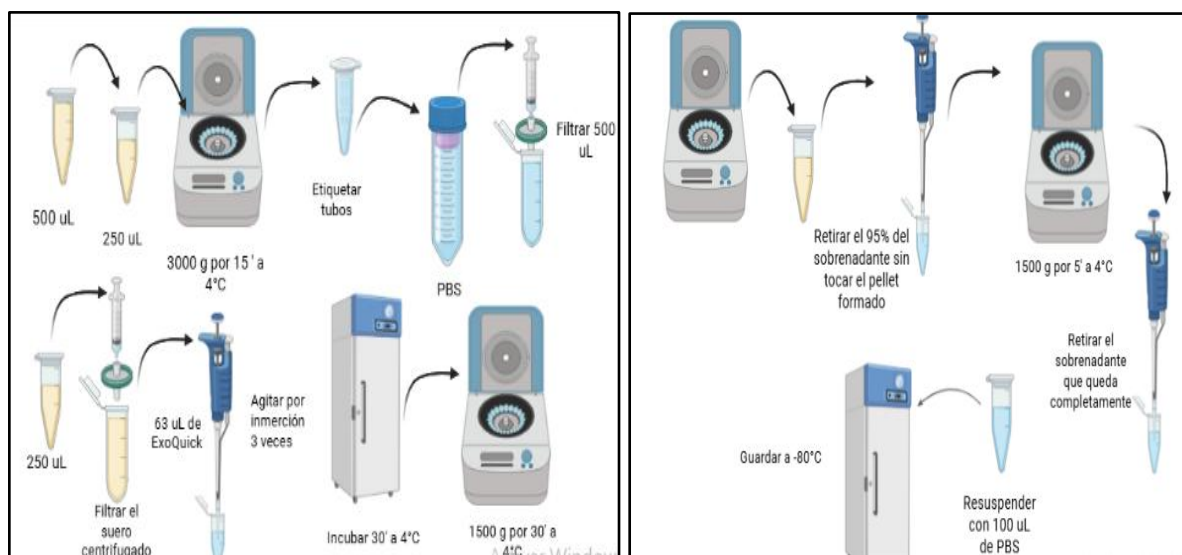
Figura 1. a) Proceso de disgregación de Tejido Adiposo (TA) a partir de biopsias de pacientes sometidos a procedimientos quirúrgicos dentro del INER, b) Obtención, separación y conteo de adipocitos blancos.

5.3 Preparación de soluciones y diluciones

- ❖ **Preparación del buffer Tris-Borato-EDTA(TBE)** con tris (hidroximetilaminometano) al 89 mM, ácido bórico al 89 mM y EDTA (Ácido etilendiaminotetracético) al 2 mM; todos se prepararon a una concentración 10X y 1X, para apoyar al personal en un experimento diferente llamado electroforesis.
- ❖ **Suplementación del amortiguador RIPA** (Radiolmmuno Precipitation Assay) que está compuesto por Tris-HCl al 50 mM, NaCl al 150 mM, NP-40 o TritonX-100 al 1%, desoxicolato de sodio al 0.5%. **SDS al 0.1%** compuesto por Dodecil-sulfato de sodio y medio 7H9, suplementado con un cóctel de inhibidores y EDTA para la lisis de EVs y extracción de proteínas.
- ❖ **Suplementación del Medio de Cultivo Basal para Preadipocitos (PGM-2)** de la marca Lonza con No. Catálogo: PT8202 que se suplementó con L-glutamina a 2 mM, Suero Fetal Bovino (SFB) al 10% y Gentamicina a 30 ug/ml.

5.4 Extracción de vesículas extracelulares

Las EVs, se aislaron a partir de los sueros de voluntarios sanos (S), de pacientes con tuberculosis (TB), pacientes con diabetes mellitus tipo 2 (DM2) y pacientes con tuberculosis y diabetes mellitus tipo 2 (TB+DM2). La extracción se realizó utilizando la solución de ExoQuick, catálogo EXOQ20-A (System Biosciences, 2017). Siguiendo las instrucciones de los fabricantes, brevemente, el sobrenadante se mezcló con el reactivo ExoQuick que posiblemente sea polietilenglicol, que tiene la propiedad de precipitar y aislar las EVs, posteriormente se incubaron 30 minutos a 4 °C y se centrifugaron a 15,000 g a 4 °C por 30 minutos (Figura 2a). Se desechó la mayor parte del sobrenadante (~95% o más) cuidando de no tocar el pellet formado con las EVs, que poseían un color blanco o beige. Posteriormente se les dio una breve centrifugación para separar lo poco que quedase de sobrenadante y se desechó lo último a sequedad, dejando únicamente el pellet. Por último, el pellet fue homogeneizado y resuspendido en 100 ul de PBS, almacenándose a -80°C en un ultracongelador (Figura 2b).



a)

b)

Figura 2. Extracción de Vesículas extracelulares a partir de suero de muestras de voluntarios con Tuberculosis (TB), Diabetes mellitus tipo 2 (DM2), con Tuberculosis y diabetes tipo 2 (TB+DM2) y Sanos (S). a) Separación y filtración de suero de voluntarios de los cuatro grupos de estudio, b) Separación y extracción de vesículas extracelulares (EVs) por medio del reactivo ExoQuick.

5.5 Lisis de EVs para la cuantificación de proteínas

Para lisar las EVs se adicionó el buffer RIPA que contiene 25 mM, Tris-HCl que es un agente tampón que mantiene un rango óptimo con un pH 7.6, 150 mM NaCl, 1% NP-40, 1% desoxicolato de sodio, 0.1% SDS que rompe las membranas celulares e inhibidores que detienen la actividad enzimática y EDTA que previene la coagulación. Después se sonicó (aplicación de ondas de ultrasonido para agitar muestras y romper partículas) durante 30 segundos e incubó la mezcla a 4 °C durante un periodo de 15 minutos. Posteriormente se centrifugó a 14000 g durante 15 minutos a 4 °C. Por último, se recuperó el sobrenadante en microtubos Eppendorf de 0.6 ml y se almacenó a una temperatura de -20 °C, hasta su uso (Figura 3).

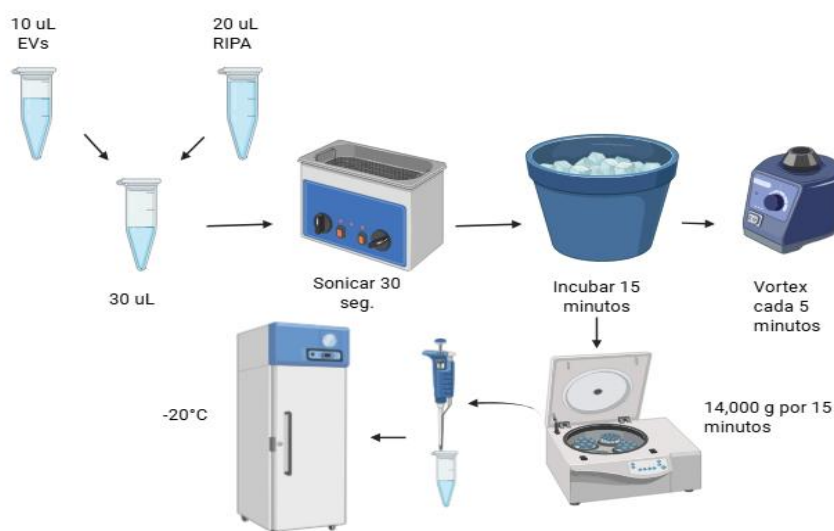


Figura 3. Lisis de vesículas extracelulares (EVs) para cuantificación de proteínas con el buffer Ripa 1X.

5.6 Cuantificación de proteínas vesiculares por el método de Bradford

La concentración de proteínas de las EVs se evaluó por el método de Bradford, en una placa de 96 pozos en donde se preparó una curva estándar utilizando albúmina sérica bovina (Thermo Fisher Scientific, México, 2025), en concentraciones de 0.125, 0.25, 0.5, 0.75 y 1 ug/ul (Figura 4a) incluyendo un blanco con agua MilliQ. Las muestras se analizaron por duplicado, añadiendo 196 µl del reactivo de Bradford 1X (Bio-Rad Laboratories, USA, 2025) a 4 µl de cada muestra (Figura 4b).

Posteriormente, se mezclaron durante 5 minutos en un agitador de microplacas y se midió la absorbancia a 595 nm en un espectrofotómetro para microplacas de la marca Epoch, BioTek, USA.

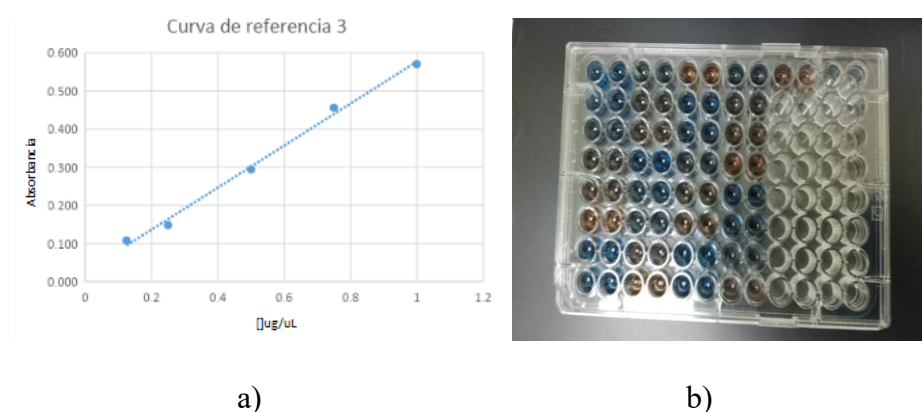


Figura 4. Cuantificación de proteínas con reactivo Bradford 1x, a) Curva de referencia realizada con estándares de Albúmina Sérica Bovina (BSA) en concentraciones de 0.125, 0.25, 0.5, 0.75 y 1 ug/ul, b) Placa de 96 pozos de fondo plano con curva de referencia, blanco con agua MilliQ y muestras de

proteínas de EVs de muestras de voluntarios sanos, con Tuberculosis, con Diabetes mellitus tipo 2 y con Tuberculosis y Diabetes mellitus tipo 2.

5.7.-Resultados

De las 48 muestras de EVs de voluntarios sanos, el voluntario S1 posee la mayor concentración de proteína con 17.8 ug/uL, mientras que el voluntario S27 presenta la concentración mínima de proteína de EVs con un valor de 2.3 ug/uL, 19 muestras se encontraron con una concentración ~2-6.3 ug/uL, 27 muestras se encontraron con una concentración ~7-14 ug/uL y solo 2 muestras se encontraron ~16-18 ug/uL (Figura 5).

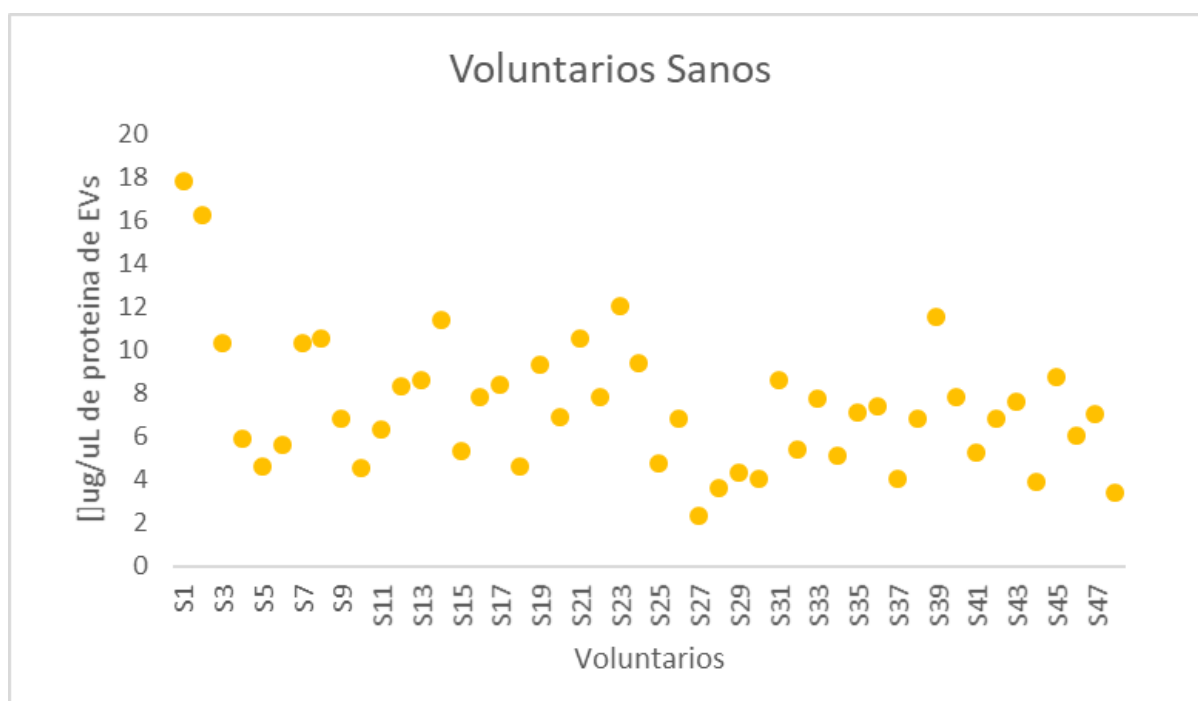


Figura 5. Concentración [ug/uL] de proteína de Vesículas extracelulares (EVs) de voluntarios sanos.

Mientras que de las 18 muestras de EVs de voluntarios con Diabetes mellitus tipo 2, el voluntario DM16 contiene la mayor concentración de proteína con 12.4 ug/uL, mientras que el voluntario DM1 presenta la concentración mínima de proteína de EVs con un valor de 2.3 ug/uL, 6 muestras se encontraron con una concentración ~2-5 ug/uL y 12 muestras se hallaron con una concentración ~6-13 ug/uL (Figura 6).

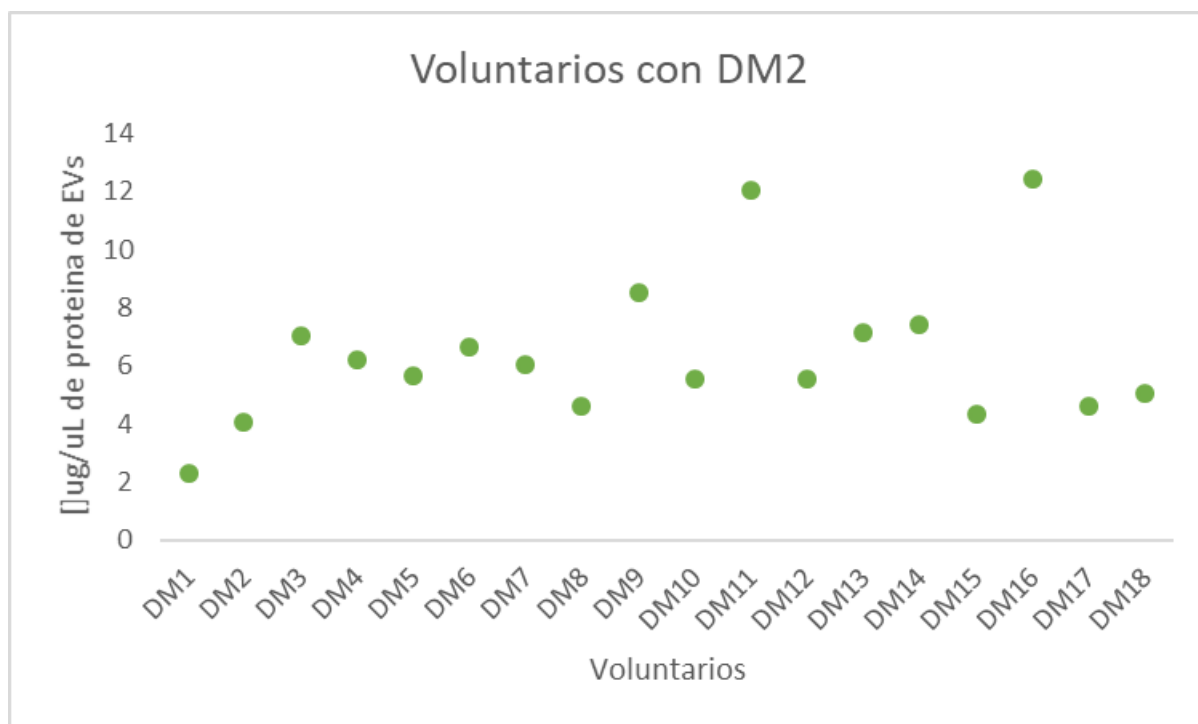


Figura 6. Concentración [µg/uL de proteína de Vesículas extracelulares (EVs) de voluntarios con Diabetes mellitus tipo 2.

En cuanto a las 24 muestras de EVs de voluntarios con Tuberculosis, el voluntario TB4 contiene la mayor concentración de proteína con 15.6 µg/uL, mientras que el voluntario TB23 presenta la concentración mínima de proteína de EVs con un valor de 3.5 µg/uL, 14 muestras se localizaron con una concentración 3-7.5 µg/uL y 10 muestras se encontraron con una concentración ~8-16 µg/uL (Figura 7).

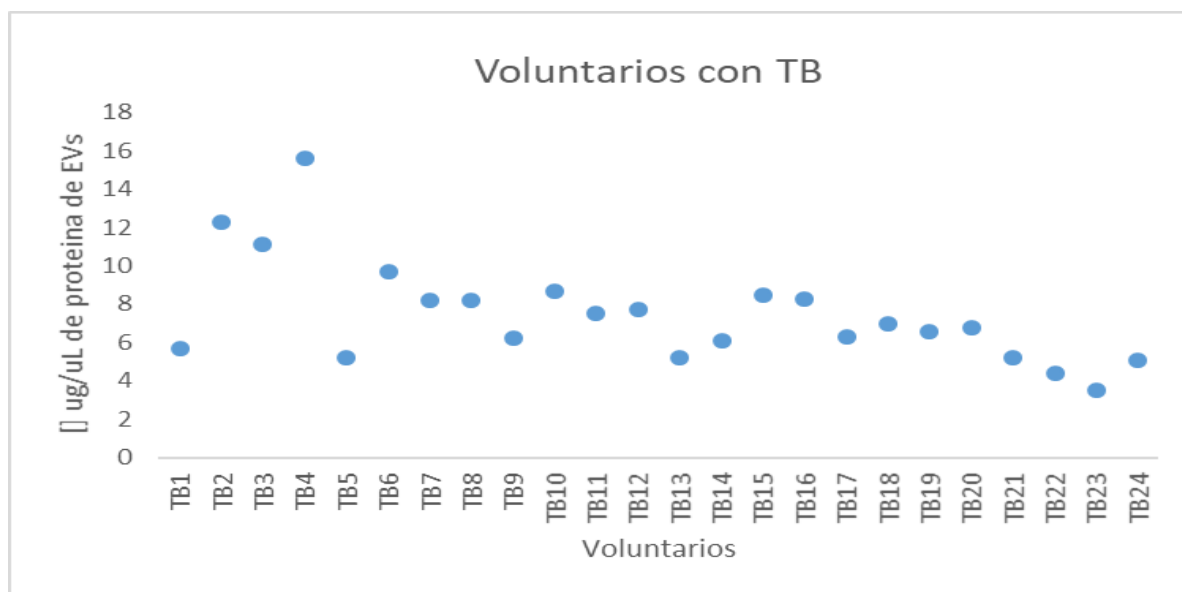


Figura 7. Concentración [µg/uL de proteína de Vesículas extracelulares (EVs) de voluntarios con Tuberculosis.

Por otro lado, de las 19 muestras de EVs de voluntarios con Tuberculosis y Diabetes mellitus tipo 2, el voluntario TBDM 5 tiene la mayor concentración de proteína con 13.6 ug/uL, mientras que el voluntario TBDM 19 presenta la concentración mínima de proteína de EVs con un valor de 3.2 ug/uL, 5 muestras se encontraron con una concentración 3-5.5 ug/uL, 9 muestras se localizaron con una concentración de 5.6-9.3 ug/uL y 5 muestras se detectaron con una concentración de 9.4-14 ug/uL (Figura 8).

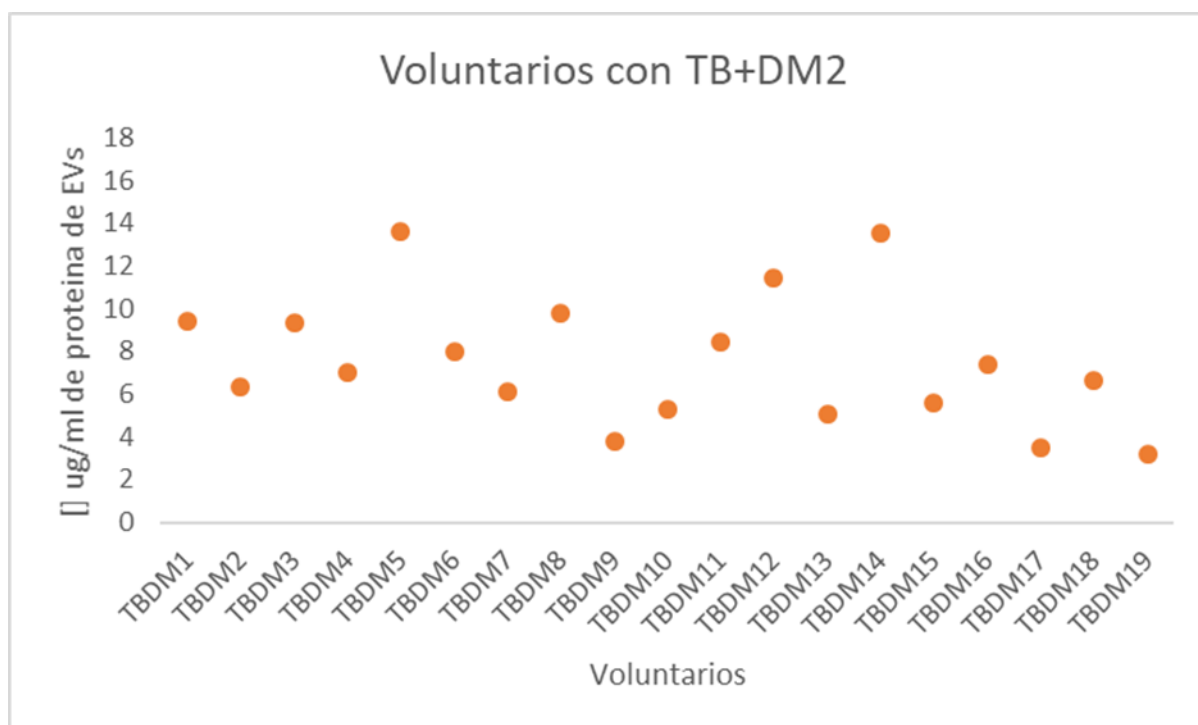


Figura 8. Concentración [] ug/uL de proteína de Vesículas extracelulares (EVs) de voluntarios con Tuberculosis y Diabetes mellitus tipo 2.

Por último, se realizó una comparación de la concentración promedio de cada grupo de voluntarios evaluados y se encontró que el grupo de voluntarios sanos poseían una concentración promedio de 7.39 ug/uL, mientras que el grupo de Diabetes mellitus tipo 2 contaba con una concentración de 6.36 ug/uL, el grupo de Tuberculosis tenía una concentración de 5.7 ug/uL y el grupo de Tuberculosis y Diabetes mellitus tipo 2 reflejó una concentración de 7.54 ug/uL (Figura 9).

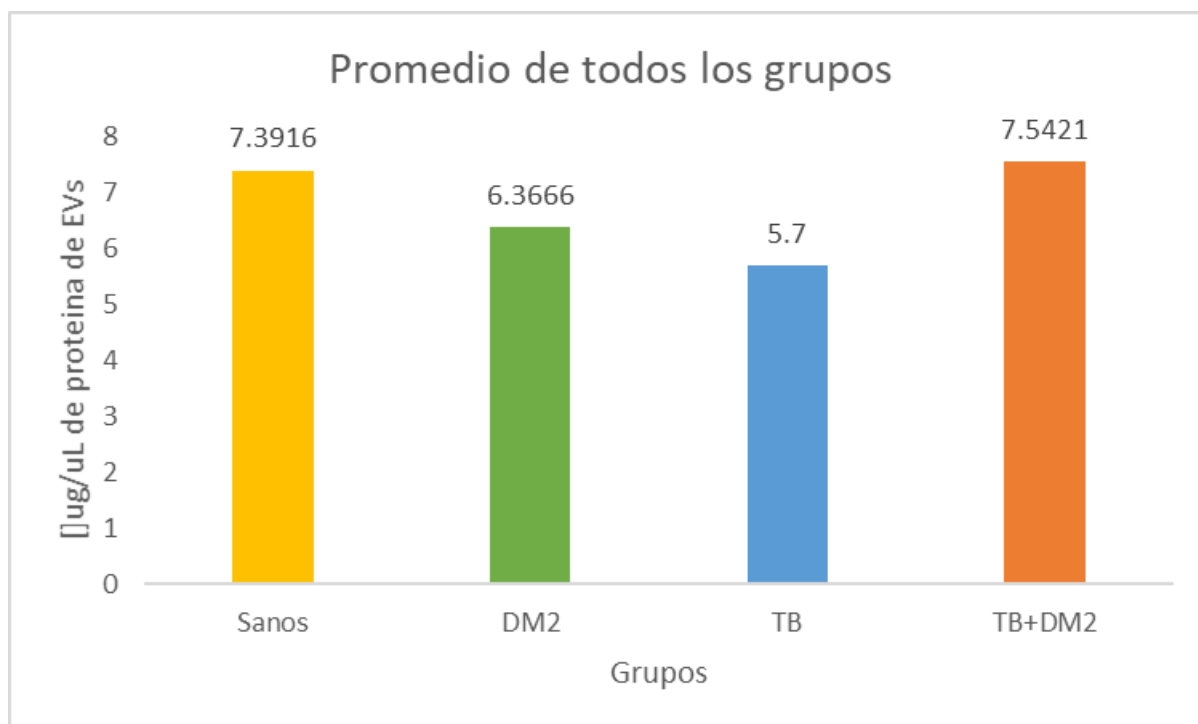


Figura 9. Concentración promedio de los grupos de voluntarios Sanos, con Diabetes mellitus tipo 2 (DM2), con Tuberculosis (TB) y con Tuberculosis y Diabetes mellitus tipo 2 (TB+DM2).

5.8 Conclusión

Los resultados obtenidos en el periodo de estancia realizando el servicio social, muestran que la concentración de proteína en vesículas extracelulares (EVs) presenta una variabilidad entre los diferentes grupos de voluntarios y con dispersión de los datos, siendo así el grupo de TB+DM el que se encontró con la mayor concentración de EVs y el grupo de TB poseyendo la menor concentración de EVs.

En el caso de los voluntarios sanos, la mayoría de los valores se concentraron dentro de un rango intermedio, lo que sugiere una heterogeneidad biológica esperada en una población sin patología aparente. Esta variabilidad puede atribuirse a factores individuales, así como a aspectos relacionados con la técnica del aislamiento y cuantificación de las EVs.

6.- Vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos del plan de estudios

El Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) respondió a mi interés por aplicar e integrar los conocimientos adquiridos durante mi formación como estudiante de la Licenciatura en Biología en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Esta formación se distingue por su enfoque científico, metodológico y crítico-social, que permite abordar problemas complejos de salud pública desde una perspectiva integral (UAM-X, 2025).

El proyecto principal en el que participé se titula “Efecto de las vesículas extracelulares de adipocitos infectados con *M. tuberculosis* en función de los macrófagos humanos”. Sin embargo, también apoyé en otro proyecto titulado “Efecto de las vesículas extracelulares (EVs) secretadas por pacientes con tuberculosis y Diabetes mellitus tipo 2 en la modulación de la respuesta inmune hacia *M. tuberculosis* por macrófagos humanos.

Los proyectos anteriormente mencionados, se relacionan directamente con los contenidos de la Unidad de Enseñanza Aprendizaje (UEA) Procesos Celulares Fundamentales del plan de estudios de la Licenciatura en Biología, que proporciona las bases teóricas para comprender procesos como la comunicación celular, la regulación de funciones celulares frente a estímulos externos, la interacción entre diferentes tipos celulares en contextos fisiológicos, inmunológicos y patológicos. Por otro lado, la UEA Energía y Consumo de Substancias Fundamentales, nos adentra a temas más específicos relacionados con aspectos bioquímicos y termodinámicos del flujo de materia y energía (UAM-X, 2019).

En este sentido, el estudio del papel de las vesículas extracelulares como mediadores en la interacción entre células permite analizar cómo las EVs pueden influir a nivel celular en la respuesta inmunitaria frente a patógenos como *M. tuberculosis*, lo que refleja la estrecha relación entre los procesos celulares fundamentales y los mecanismos implicados en la salud y la enfermedad. Por lo que, el INER representó ser una institución ideal para fortalecer mi formación, enriquecer mis conocimientos, adquirir experiencia en técnicas de laboratorio relacionadas con la inmunología celular y molecular y ampliar una nueva visión sobre la investigación.

7.-Referencias

Barrena López, Y. (2021). <i>Vesículas extracelulares en tejido sólido</i>. Trabajo Fin de Máster, Universidad de Zaragoza. España.
Bio-Rad Laboratories, USA (2025). Quick start Bradford Protein Assay. Consultado el 17 de junio de 2025. Disponible en: https://www.bio-rad.com/es-mx/product/quick-start-bradford-protein-assay?ID=5ec149ee-0cd1-468b-8651-a2fe9de6944d
INER (2024). Misión y Visión del instituto. Consultado el 17 de junio de 2025. Disponible en: https://www.gob.mx/salud/iner/articulos/mision-y-vision-del-instituto
Méndez J, Sánchez É, Saavedra A, García-Herreros P. (2017). Prevalence of latent tuberculosis in patients with diabetes mellitus at a hospital in the city of Bogotá, Colombia. <i>Acta Médica Colombiana</i>. 42 (3), 165-171.
OMS-Organización Mundial de la Salud- (2024). Global tuberculosis report 2024. Consultado el 17 de junio de 2025. Disponible en: https://www.who.int/publications/i/item/9789240091535
OMS -Organización Mundial de la Salud- (2025). Tuberculosis. Consultado el 17 de junio de 2025. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis
System Biosciences, EUA (2017). The Original ExoQuick, Catalog Number EXOQ20A-1 y EXOQ5A-1. Consultado el 17 de junio. Disponible en: https://www.systembio.com/the-original-exoquick
Thermo Fisher Scientific, México (2025). Pierce BCA Protein Assay Kit, Catalog Number 23225, 23227 and A65453. Consultado el 17 de junio de 2025. Disponible en: https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/23225?SID=srch-srp-23225
UAM-X (2025). Licenciatura en Biología. Dirección de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Consultado el 17 de junio de 2025. Disponible en: https://cbstmp.xoc.uam.mx/biologia/

- UAM-X (2019). Plan y programa de estudios. Licenciatura en Biología. Consultado el 14 de enero de 2026. Disponible en; https://cbstmp.xoc.uam.mx/archivos/programa_biologia_2019.pdf

- Velasco JR, Cunalema JA, Basurto IM, Eguiguren MR, Lozano MM. (2020). Evaluación del riesgo de diabetes mellitus tipo 2 en pacientes afectados con tuberculosis. *Enfermería Global*. 19 (57), 151-160. <https://doi.org/10.6018/eglobal.19.1.357981>

8.-Visto Bueno de los asesores

Asesora externa

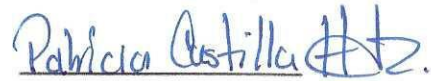


**Dra. Yolanda González
Hernández**

Cédula: 10961201

Instituto Nacional de
Enfermedades Respiratorias,
Departamento de
Investigación en
Microbiología

Asesora interna



**Dra. Patricia Castilla
Hernández**

No. Económico: 30606

Universidad Autónoma
Metropolitana-Xochimilco
Departamento de El Hombre
y su Ambiente