



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN**

Efecto hipoglicemiante del extracto de la semilla de *Moringa oleífera*  
“moringa” en diabetes inducida en *Mus musculus* BALB/c

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Licenciada en Nutrición**

**AUTORAS:**

Quispe Rodriguez, Annie Cristina (orcid.org/0000-0002-3655-7092)  
Vera Castañeda, Helen del Socorro (orcid.org/0000-0002-8185-9452)

**ASESOR:**

Dr. Carranza Quispe, Luis Emilio (orcid.org/0000-0002-1891-2986)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Enfermedades No Transmisibles

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Promoción de la salud, nutrición y salud alimentaria

TRUJILLO - PERÚ

2023

## DEDICATORIA

A Dios, por su constante guía, por las bendiciones que ha derramado en mi camino y por los milagros que ha hecho en mi vida.

A mis padres, por su comprensión, ayuda incondicional, apoyo en mi formación académica y por hacer posible mi sueño de ser profesional. Vuestra orientación y aliento han sido fundamentales en este logro.

A mi hermano, por su aliento constante, apoyo incondicional y por compartir cada etapa de mis estudios. Gracias por animarme y hacer especial cada momento.

Este logro es el resultado del amor y el apoyo de quienes me rodean. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

***Annie Quispe Rodríguez***

A Dios por guiarme en mi camino, y darme las fuerzas para seguir día a día para seguir adelante y cumplir mis metas.

A mi madre por siempre guiarme y acompañarme en mi vida y darme las fuerzas necesarias para continuar.

A mis hermanos por ser uno de los pilares en mi vida por su apoyo y motivación.

A mi esposo por enseñarme a perseverar a pesar de las adversidades, por su apoyo incondicional y darme las fuerzas de continuar.

Muchas gracias a cada uno y en especial a toda mi familia por ser parte de este proceso a lo largo de mi camino y por siempre estar presente en mi vida, estoy infinitamente agradecida.

***Helen Vera Castañeda***

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiéramos expresar nuestros sinceros agradecimientos a todas las personas que han sido pilares fundamentales en la culminación de esta tesis.

Al Dr. Abhel Calderón Peña, nuestra gratitud más profunda por su incansable respaldo en cada etapa de este trabajo de investigación. Su dedicación al explicarnos cada aspecto del proceso, su infinita paciencia, su amabilidad y disposición para compartir sus vastos conocimientos y experiencias fueron invaluable. Su guía ha sido esencial en el éxito de este proyecto de investigación.

A cada persona que de una u otra forma contribuyó con su apoyo, comprensión y aliento, les extendemos los más sinceros agradecimientos. Sus aportes han sido de un valor incalculable.

## Índice de contenidos

<b>Carátula</b>	
<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimiento</b> .....	iii
<b>Índice de contenidos</b> .....	iv
<b>Índice de tablas</b> .....	v
<b>Índice de figuras</b> .....	vi
<b>Resumen</b> .....	vii
<b>Abstract</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	11
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación</b> .....	11
<b>3.2. Variables y operacionalización</b> .....	11
<b>3.3. Población, muestra y muestreo</b> .....	12
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	13
<b>3.5. Procedimientos</b> .....	13
<b>3.6. Método de análisis de datos</b> .....	16
<b>3.7. Aspectos éticos</b> .....	16
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	17
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	23
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	28
<b>REFERENCIAS</b> .....	30
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de tablas

TABLA 1. GLICEMIA BASAL EN MINUTO CERO (0). EL ANÁLISIS DE PRUEBA ANOVA Y PRUEBA TUKEY, AMBAS CON UN 95% DE CONFIANZA .....	17
TABLA 2. GLICEMIA EN EL MINUTO TREINTA (30). SE APRECIA EL ANÁLISIS DE PRUEBA ANOVA Y PRUEBA TUKEY, AMBAS CON UN 95% DE CONFIANZA .....	18
TABLA 3. GLICEMIA EN EL MINUTO SESENTA (60). SE APRECIA EL ANÁLISIS DE PRUEBA ANOVA Y PRUEBA TUKEY, AMBAS CON UN 95% DE CONFIANZA .....	19
TABLA 4. GLICEMIA EN EL MINUTO NOVENTA (90). SE APRECIA EL ANÁLISIS DE PRUEBA ANOVA Y PRUEBA TUKEY, AMBAS CON UN 95% DE CONFIANZA.....	20
TABLA 5. GLICEMIA EN EL MINUTO CIENTO VEINTE (120). SE APRECIA EL ANÁLISIS DE PRUEBA ANOVA Y PRUEBA TUKEY, AMBAS CON UN 95% DE CONFIANZA.....	21

## Índice de figuras

FIGURA 01. PRUEBA DE TOLERANCIA ORAL A LA GLUCOSA MEDIDA EN SANGRE DE LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN EXPRESADA EN MG/DL DE SANGRE PERIFÉRICA ..... 22

## RESUMEN

El estudio investigó el efecto hipoglicemiante del extracto de semilla de *Moringa oleífera* en ratones con diabetes inducida. La diabetes tipo 2 es una preocupación creciente, y las investigaciones apuntan a soluciones alternativas. La *Moringa oleífera* ha sido reconocida por su potencial terapéutico y su capacidad antioxidante. En el experimento, se emplearon 24 ratones hembras BALB/c con diabetes inducida mediante aloxano. Se crearon seis grupos distintos para comparar el efecto de diferentes dosis del extracto de moringa con la metformina. Los resultados mostraron una disminución significativa en los niveles de glucosa a partir de la dosis de 100 mg/kg, manteniéndose hasta la dosis de 400 mg/kg. Aunque la metformina fue más efectiva, las dosis de moringa demostraron efectos hipoglicemiantes comparables. Estos hallazgos concuerdan con investigaciones anteriores que sugieren el potencial de la moringa para reducir los niveles de glucosa en la sangre en modelos animales con diabetes. Estos resultados respaldan la posibilidad de considerar la moringa como una alternativa en el manejo de la diabetes tipo 2, aunque se necesitan más estudios para comprender completamente su efectividad y mecanismos de acción.

Palabras Clave: *Moringa oleífera*, extracto de la semilla de *Moringa oleífera* diabetes, glicemia, hipoglicemiante.

## ABSTRACT

The study investigated the hypoglycemic effect of *Moringa oleifera* seed extract in mice with induced diabetes. Type 2 diabetes is a growing concern, and research points to alternative solutions. *Moringa oleifera* has been recognized for its therapeutic potential and antioxidant capacity. In the experiment, 24 female BALB/c mice with alloxan-induced diabetes were used. Six different groups were created to compare the effect of different doses of moringa extract with metformin. The results showed a significant decrease in glucose levels from the dose of 100 mg/kg, maintaining it until the dose of 400 mg/kg. Although metformin was more effective, moringa doses demonstrated comparable hypoglycemic effects. These findings are consistent with previous research suggesting moringa's potential to reduce blood glucose levels in animal models of diabetes. These results support the possibility of considering moringa as an alternative in the management of type 2 diabetes, although more studies are needed to fully understand its effectiveness and mechanisms of action.

Keywords: *Moringa oleifera*, *Moringa oleifera* seed extract, diabetes, glycemia, hypoglycemic.

## I. INTRODUCCIÓN

La diabetes se distingue por la presencia elevada de glucosa en el torrente sanguíneo (hiperglicemia), y la más frecuente es la diabetes tipo 2 (DM2), y esta se manifiesta con un 95% del total de los casos de diabetes, además la diabetes trae como complicaciones, ataques al corazón, nefropatías, retinopatía y pie diabético, por lo tanto, es importante un diagnóstico oportuno para prevenir las complicaciones de esta enfermedad y hasta la muerte<sup>1</sup>.

Para el año 2022, en el continente americano existía aproximadamente sesenta y dos millones de personas con diabetes, y se proyecta que para el año 2040 exista 109 millones de personas diabéticas. La diabetes es la sexta causa de mortalidad en la región, con una alta cifra de más de 284,000 fallecidos en 2019, y la segunda causa de discapacidad, además la diabetes triplica el riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares, renales o cáncer. Para este año 2023 se han notificado 33672 casos de diabetes incluyendo la diabetes mellitus tipo 1, tipo 2, y diabetes gestacional<sup>2-3</sup>.

Entre el año 2018 y 2021 se registraron 8626 casos de diabetes en la región La Libertad. Según la Diresa/Diris en el 2019, en nuestra región, se registraron 3426 personas con diabetes, mientras que en la ciudad de Trujillo en el hospital de Belén de Trujillo se registraron 753 casos, y el hospital Regional Docente de Trujillo se registraron 238 casos<sup>4</sup>.

La moringa es un árbol oriundo de India que presenta atributos nutricionales, antioxidantes y terapéuticos. Su consumo como suplemento ha aumentado por su efecto beneficioso que tiene en el organismo. La *Moringa oleífera* ha sido reconocida por sus propiedades terapéuticas y la OMS la ha estudiado como un suplemento de proteínas económico para combatir la desnutrición. Además, se ha identificado un amplio espectro de compuestos antioxidantes en esta planta, lo que la convierte en un ingrediente prometedor para alimentos funcionales<sup>5</sup>.

La *Moringa oleífera* pertenece al género *Moringa* y a la familia *Moringaceae*, siendo reconocida en la medicina tradicional como el "árbol milagroso". Todas las partes de esta planta, como las hojas, semillas, corteza y flores, tienen aplicaciones tanto nutricionales como medicinales. Las hojas y semillas abarcan efectos antioxidantes, antiinflamatorios, antihiperlipidémicos y antidiabéticos, que han sido descritas en algunas fuentes científicas<sup>6</sup>.

Por esta razón, se ha suscitado un notorio interés de investigación con el propósito de examinar y valorar su efectividad en el ámbito antidiabético y sus posibles propiedades favorables para prevenir y tratar la diabetes. Se han realizado diversos estudios tanto en animales como personas para comprobar el efecto hipoglicemiante de la hoja de *Moringa oleífera*, sin embargo, con las semillas los estudios son deficientes<sup>5</sup>. Por lo tanto, nos planteamos la siguiente pregunta ¿Cuál es el efecto hipoglicemiante del extracto de la semilla de *Moringa oleífera* "moringa" en diabetes inducida en *Mus musculus* BALB/c?

Las semillas de *Moringa oleífera* ofrecen beneficios antioxidantes al reducir la oxidación de los lípidos y prevenir el daño oxidativo en los tejidos. Esto se debe a la presencia de antioxidantes como la vitamina C, carotenoides flavonoides, y compuestos fenólicos. Estos antioxidantes han suscitado interés por su capacidad para contrarrestar los radicales libres, y proteger del estrés oxidativo. y atenuando las complicaciones oxidativas vinculadas a la diabetes. En la actualidad, se utilizan antioxidantes naturales como terapia complementaria de la diabetes<sup>7</sup>. La semilla de moringa se le ha considerado una alternativa antidiabética para los pacientes, pero hoy en día existe escasos de estudios para comprobar ese efecto, por eso es importante seguir investigando acerca del efecto hipoglicemiante que podría tener la semilla moringa. La falta de información científica acerca del efecto hipoglicemiante de la de esta semilla en la diabetes inducida, a pesar de su amplio uso terapéutico, fue el motivo que impulsó la realización de este estudio.

Nuestro proyecto de investigación tiene como objetivo principal determinar el efecto hipoglicemiante del extracto de la semilla de *Moringa oleífera* en diabetes inducida por aloxano en *Mus musculus* BALB/c, y como objetivos específicos, determinar la dosis que produzca mayor disminución de la glicemia en *Mus musculus* BALB/c con diabetes inducida y comparar el efecto hipoglicemiante del extracto de la semilla de *Moringa oleífera* con metformina en *Mus musculus* BALB/c con diabetes inducida. Ante lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente hipótesis: H1 el extracto de la semilla de moringa tiene efecto hipoglicemiante en *Mus musculus* BALB/c con diabetes inducida.

## II. MARCO TEÓRICO

Jaja- Chimedá, realizó un estudio en E.E.U.U el 2018 donde se incorporó el extracto de semilla de moringa enriquecido con isotiocianato a la dieta de los ratones. En este estudio, se diseñaron dietas personalizadas: una alta en grasas (VHFD) y otra baja en grasas (LFD). Utilizaron 24 ratones divididos en 4 grupos (VHFD, VHFD con extracto de semilla de moringa, LFD, LFD con extracto de semilla de moringa). La adición del extracto de semilla de moringa resultó en la reducción del peso corporal (PC), disminución de la grasa corporal, mejor tolerancia de glucosa, disminución en la expresión genética relacionada a la inflamación y aumento en la expresión de genes antioxidantes<sup>8</sup>.

Al- Malki realizó un estudio en Arabia Saudí el 2015 donde se examinó la capacidad para reducir la hiperglicemia usando una dosis de 50 mg/kg de PC de polvo de semilla de moringa y otra de 100 mg/kg de PC ambas administradas en la dieta de ratas con diabetes inducida, se utilizaron 40 ratas divididas en 4 grupos. Los tratamientos de 50 o 100 mg/kg de PC de polvo de semilla de moringa mejoró los niveles de todos los parámetros afectados por la diabetes, con similar resultado a las ratas que no presentaban diabetes<sup>9</sup>.

Odedele L, investigó en el 2017 en Nigeria cómo el extracto acuoso de *Moringa oleífera* afectaba en la diabetes gestacional utilizando un modelo animal con ratas preñadas. Se analizaron cinco marcadores antioxidantes para comprender cómo este extracto influía en el estrés oxidativo asociado con la diabetes durante el embarazo. La administración de 300 mg/kg de PC de este extracto mostró impactos significativos en los antioxidantes medidos en el suero sanguíneo y en el útero de las ratas. En el suero, se evidenció una elevación notable de catalasa y superóxido dismutasa, ambos marcadores antioxidantes. En cambio, en el útero, se detectó una reducción significativa en niveles de malondialdehído y un incremento significativo en los niveles de glutatión-S- hidrogenasa y

glutación-S-transferasa. Estos resultados indican que este extracto presenta propiedades antioxidantes que podrían contrarrestar o revertir los efectos del estrés oxidativo causado por la diabetes gestacional<sup>10</sup>.

Nadro M. realizó un estudio experimental en Nigeria el 2018 con 35 ratas albinas divididas en 7 grupos: un grupo control, un grupo diabético sin tratamiento, un grupo control positivo que se le administro metformina y 4 grupos diabéticos con tratamiento de diferentes concentraciones de extracto acuoso y aceite de semilla de moringa. Los grupos diabéticos fueron inducidos con estreptozotocina (65 mg/kg de peso corporal). Se evidencio que la administración oral de 100 mg/kg y 200 mg/kg de PC de extracto acuoso, y 1 ml/kg y 1,5 ml/kg de peso corporal de aceite, a las ratas diabéticas durante un período de cuatro semanas, resultó en una significativa disminución ( $P \leq 0.05$ ) en los niveles de glucosa en sangre<sup>11</sup>.

Nageh M, realizó un estudio en Egipto el 2021 cuyo propósito fue analizar la eficacia del extracto acuoso de las semillas de *Moringa oleífera* en el tratamiento de la diabetes en ratones con nefropatía diabética inducida por aloxano. Para ello utilizaron cincuenta ratas albinas machos. Estos grupos incluyeron un grupo control, un grupo control tratadas con dosis de 500 ml/kg de extracto acuoso de semillas de moringa por vía oral durante un período de 10 semanas, un grupo diabético que recibió una sola dosis de aloxano (140 mg/kg de peso corporal por vía intraperitoneal), un grupo diabético que recibió extracto acuoso de semillas de moringa (en la misma dosis y período que el grupo de control) y un grupo diabético que también recibió extracto acuoso de semillas de Moringa, tanto antes como después de la inducción de la diabetes, utilizando las misma dosis mencionada. Se evidenció una mejoría importante en la peroxidación de lípidos, demostrada por una disminución notable en los niveles de MDA y un incremento significativo en los niveles de SOD en comparación con el grupo diabético<sup>12</sup>.

Waterman C, en su estudio de 2020 realizado en E.E.U.U, utilizó ratas UCD T2DM, un modelo que replica la diabetes tipo 2 en humanos, creado a partir de cruzar ratas obesas y resistentes a la insulina con ratas Zucker diabéticas y delgadas, este modelo de ratas desarrolla diabetes a los 6 meses. Dividió las ratas en tres grupos: grupo control, grupo suplementado con extracto de semilla de moringa al 0,4% de la dieta y un grupo con restricción calórica moderada. Durante 8 meses, administró un promedio de 202 mg/kg/día de semilla de moringa. Las ratas UCD T2DM que recibieron moringa mostraron un inicio más lento de la diabetes en comparación con los otros grupos. Después de siete meses, el 90% de las ratas de los grupos control y con restricción calórica desarrollaron diabetes, mientras que solo el 40% de las que recibieron el suplemento de moringa presentaron la enfermedad. A los cuatro meses, las ratas que recibieron suplementos de semilla de moringa (grupo MS) mostraron concentraciones más bajas de glucosa en ayunas y HbA1c en comparación con el grupo de control, manteniéndose similares al grupo que estaba con restricción calórica<sup>13</sup>.

Kusumawati E, realizó un estudio en 2020 sobre el efecto de extracto de aceite de semilla sobre el nivel de insulina en ratas inducidas a diabetes con aloxano. Estas se dividieron en 6 grupos, el 1° grupo control sin inducción con aloxano / sin tratamiento, el 2° grupo inducido con aloxano/ sin tratamiento y al 3°,4°,5° y 6° grupo se les administro 100,200,300 y 400 mg/kg de peso corporal de extracto de aceite de semilla de *Moringa oleífera*. Los resultados estadísticos con la prueba de Kruskal-Wallis muestran que los grupos tratados con moringa tienen una diferencia ( $p < 0,05$ ) en los niveles de glucosa en comparación con los ratones inducidos con aloxano. Además, la administración de 400 mg/kg de peso corporal de extracto de aceite de semilla de moringa mostro bajos niveles de glicemia. Explica que esto se debe a los flavonoides (kaempferol), glucosinolatos, isotiocianatos que posee, los isotiocianatos disminuyen la gluconeogénesis y la actividad de la G6P<sup>14</sup>.

Vargas O, investigó en el 2020 sobre la comparación del efecto hipoglicemiante del extracto acuoso de la hoja *Moringa oleífera*, yacón y metformina en ratas albinas. Fue un estudio experimental aleatorio y controlado, donde se utilizaron 24 ratas, al primer grupo no se le administro nada, al segundo grupo se le administró metformina, al tercer grupo se le administró M. oleífera, y al cuarto grupo se le dio yacón. Los resultados indicaron que los grupos que recibieron metformina, M. oleífera y yacón mostraron evidencia de un efecto hipoglicemiante<sup>15</sup>.

Vargas K, investigó en el 2018 los efectos generales de *Moringa oleífera* sobre la glicemia y la insulina. Presentaron información preclínica y clínica relevante sobre el uso de moringa. En todos los estudios analizados en modelos animales y 2 estudios realizados en humanos se evidencio una reducción de la glucosa o en las pruebas de tolerancia a la glucosa al utilizar *Moringa oleífera* (MO). En este estudio se registró que el efecto de regulación de la glucosa puede ser más efectivo en condiciones patológicas. Se ha demostrado que el consumo de *Moringa oleífera* es seguro tanto en animales (en dosis de 50 a 700 mg/kg) como en humanos (en concentraciones de 500 mg a 7 g). Estos hallazgos respaldan la posibilidad de realizar estudios nutricionales que incluyan *Moringa oleífera* como suplemento o fármaco adicional en pacientes con trastornos metabólicos o incluso neurológicos<sup>16</sup>.

Mohamed M, investigó en el 2022 sobre los efectos de la hoja de la moringa en la resistencia a la insulina en machos adultos hiperinsulinemicos. Se utilizaron 30 ratas (Sprague Dawley), de las cuales se formaron tres grupos experimentales: un grupo control, un grupo sometido a una dieta rica en fructosa, y otro grupo también expuesto a una dieta alta en fructosa junto con el consumo de una dosis de *Moringa oleífera* de 300 mg/kg durante 4 semanas. Los resultados obtenidos fueron que el grupo suministrado con Moringa revertió la resistencia a la insulina<sup>17</sup>.

Sierra E, investigó en el 2022 sobre los efectos del extracto de hojas de moringa en las actividades de paraoxonasa 1 (PON1) y catalasa (CAT) en ratas macho Wistar diabéticas. PON1 es una enzima fundamental en la eliminación de los radicales libres presentes en el organismo humano. Se ha reportado una reducción en la actividad de la enzima PON1 en presencia de estrés oxidativo asociado a la diabetes no controlada. La catalasa es una enzima antioxidante que protege contra el daño oxidativo. Sin embargo, se necesitan más estudios para entender el efecto de los polifenoles en la actividad de la catalasa. Para este estudio se utilizaron 30 ratas divididas en 3 grupos experimentales: un grupo control de 10 ratas, un grupo de 10 ratas diabéticas y 10 ratas diabéticas tratadas con un extracto de *Moringa oleífera* (200 mg/kg) durante 3 semanas. Los resultados mostraron que el extracto podría afectar la actividad catalítica de 2 enzimas para compensar los cambios causados por la diabetes en ratas<sup>18</sup>.

Lopez D, llevó en el 2018 a cabo un estudio para comprobar si la hoja de moringa es tóxica a través de LD50 y de ensayo de micronúcleos y también se probó su efectividad para con la diabetes induciendo a ratas Sprague Dawley con aloxano. Se hicieron mediciones para evaluar la glucosa, el peso corporal, colesterol y triglicéridos. Los resultados fueron que las dosis administradas no fueron tóxicas y que las hojas de *Moringa oleífera* tuvieron un efecto hipoglicemiante<sup>19</sup>.

Gui C, realizó en el 2020 un estudio por inhibición invitro de la  $\alpha$ -glucosidasa y la lipasa pancreática utilizando el extracto de la hoja de moringa. La  $\alpha$ -glucosidasa es una enzima importante para degradar los carbohidratos y transfórmalos en glucosa y la lipasa pancreática es otra enzima encargada de degradar las grasas. Por lo que inhibir el efecto de esas enzimas ayudaría a reducir la glucosa postprandial y mejorar las alteraciones de lípidos en sangre. Este estudio concluyó que debido a los flavonoides que se encuentra en la *Moringa oleífera* se inhibe esas enzimas, por lo que si tiene un efecto prometedor para tratar la diabetes y atenuar el estrés oxidativo de los islotes de Langerhans<sup>20</sup>.

Román K, realizó en el 2018 un estudio experimental utilizando 36 ratas albinas machos que fueron distribuidos de la siguiente manera: 18 ratas que ya habían sido inducidas a diabetes, a estas se les administraron distintas dosis del extracto acuoso de hoja de moringa (250, 500 y 1000 mg/kg); un grupo compuesto de 6 ratas, a las cuales se les indujo diabetes y se les administró glibenclamida (40 mg/kg); otro grupo de 6 ratas inducidas a la diabetes pero sin tratamiento, y finalmente, se incluyeron 6 ratas como grupo de control negativo. Se encontró que la dosis de 1000mg/kg del extracto obtuvo un mayor efecto hipoglicemiante y mostro un efecto similar comparado a la glibenclamida<sup>21</sup>.

Las semillas del árbol *Moringa oleífera* tienen alrededor de 1 cm de diámetro, son globulares y presentan tres ángulos, con un peso promedio de cerca de 0,3 g. Tienen tres alas que se extienden desde la base hasta el ápice, midiendo entre 2 y 2,5 cm de longitud y de 0,4 a 0,7 cm de ancho; el grano constituye aproximadamente el 70%-75% del peso total. Todas las partes de este árbol, incluyendo las hojas, semillas y flores, son adecuadas para el consumo tanto humano como animal. Las semillas tienen un alto contenido de proteínas, en promedio del 31,4%, con proporciones de carbohidratos, fibra y cenizas de alrededor del 18,4%, 7,3% y 6,2%, respectivamente. Contienen compuestos activos esenciales como alcaloides, glucosinolatos e isotiocianatos, los cuales podrían ser responsables de las propiedades medicinales asociadas a estas semillas. La medicina tradicional emplea las semillas para tratar dolores de estómago, úlceras, problemas de visión y articulaciones, además de mejorar la digestión. Los extractos de semilla muestran una notable actividad antimicrobiana contra varias bacterias y hongos, y se usan para purificar agua en países en desarrollo. Estudios respaldan la eficacia de este enfoque para disminuir la contaminación del agua y reducir la presencia de bacterias perjudiciales<sup>22</sup>.

El aloxano se absorbe rápidamente por las células beta pancreáticas, donde se reduce en presencia de agentes como el glutatión reducido (GSH), cisteína, ascorbato y uniones a proteínas con grupos sulfhídricos (-SH). Este

compuesto reacciona con la glucoquinasa, formando un enlace bisulfídico que inactiva la enzima y genera ácido dialúrico. Este ácido se reoxida a aloxano, creando un ciclo de generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y radicales superóxidos. La inducción de diabetes por aloxano se divide en cuatro fases: Fase de hipoglucemia transitoria, ocurre en los primeros minutos después de la inyección, debido a una hipersecreción de insulina que dura aproximadamente 30 minutos; fase hiperglucémica, ocurre alrededor de 60 minutos después de la administración, evidenciando un aumento de la concentración de glucosa en sangre debido a la disminución de la insulina, dura aproximadamente de 2 a 4 horas; fase de hipoglucemia, sucede entre las 4 y 8 horas después de la inyección, se produce una inundación de insulina en la circulación causando una hipoglucemia severa; hiperglucemia diabética permanente: Después de 24 a 48 horas, se establece una hiperglucemia diabética permanente, lo que conduce a una necrosis celular irreversible<sup>23</sup>.

La prueba de tolerancia oral a la glucosa (OGTT) es un método estándar empleado para evaluar la capacidad del cuerpo para tolerar la glucosa y la resistencia a la insulina. En una OGTT convencional, se inicia con un ayuno de los animales, seguido por la administración oral de una dosis concentrada de glucosa. Se procede a monitorear los niveles de glucosa en plasma en diferentes intervalos tras la administración, creando así una curva de respuesta de glucosa. La prueba de tolerancia a la glucosa es un método para verificar la capacidad para utilizar y almacenar glucosa de manera normal. Suele ser empleada para detectar diabetes mellitus, resistencia a la insulina, anomalías en las células beta del páncreas y, ocasionalmente, trastornos menos comunes como la hipoglucemia reactiva, acromegalia o problemas metabólicos relacionados con los carbohidratos<sup>24</sup>.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

- 3.1.1. **Tipo de investigación:** Aplicada
- 3.1.2. **Nivel de investigación:** Correlacional
- 3.1.3. **Enfoque de investigación:** Cuantitativo
- 3.1.4. **Diseño de investigación:** Diseño experimental puro
- 3.1.5. **Alcance Temporal:** Longitudinal

#### 3.2. Variables y operacionalización: (Anexo 1)

##### 3.2.1. Variable 1: Semilla de *Moringa oleífera*

- **Categoría:** Naturaleza cuantitativa y su relación es independiente.
- **Definición conceptual:**  
Las semillas de *Moringa oleífera* muestran un potencial prometedor tanto en usos alimentarios como no alimentarios, valiosas por sus ácidos grasos monoinsaturados, altos niveles de esteroides y tocoferoles, así como por sus proteínas, lo que las hace útiles tanto en alimentos como en otros usos<sup>22</sup>.
- **Definición operacional:** Se suministró el extracto hidroalcohólico de la semilla de moringa.
- **Indicadores:**
  - ✓ Grupo control negativo
  - ✓ Grupo control positivo
  - ✓ Grupo experimental de 100 mg de extracto de semilla de *Moringa oleífera* /Kg PC
  - ✓ Grupo experimental de 200 mg de extracto de semilla de *Moringa oleífera* /Kg PC
  - ✓ Grupo experimental de 400 mg de extracto de semilla de *Moringa oleífera* /Kg PC
  - ✓ Grupo experimental de 250 mg de metformina /kg PC
- **Escala de medición:** Razón.

### 3.2.2. Variable 2: Glicemia

- **Categoría:** Naturaleza cuantitativa y su relación es dependiente.
- **Definición conceptual:** La glicemia se refiere al nivel de azúcar presente en la sangre, proveniente principalmente de los alimentos, sobre todo de los carbohidratos<sup>25</sup>.
- **Definición operacional:** Se realizaron mediciones de la glucosa en sangre en ayunas con el glucómetro Accu-Chek Instant S.
- **Indicadores:** Mg/dL.
- **Escala de medición:** Razón.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1 Población:

##### **Población de ratones (*Mus musculus* BALB/c):**

Esta población se compone de ratones hembras (*Mus musculus* BALB/c) de 12 semanas de edad (3 meses).

##### **Población de semillas de *Moringa oleífera*:**

Esta población está conformada por las semillas de *Moringa oleífera*.

#### 3.3.2 Muestra:

-24 ratones hembra *Mus musculus* BALB/c de 12 semanas (3 meses) de edad

-2 kg de semillas de *Moringa Oleífera*.

#### 3.3.3 Muestreo:

Muestreo no probabilístico, por conveniencia. Se eligen 24 ratones y 2 kg de moringa de manera conveniente, basándose en la disponibilidad y accesibilidad de los sujetos de estudio.

#### 3.3.4 Unidad de análisis:

Cada ratón (hembra) diabética inducida *Mus musculus* BALB/c durante el periodo de investigación.

### **Criterios de inclusión:**

- No haber experimentado previas manipulaciones.
- Que presenten una concentración de glucosa que supere los 200 mg/dl.
- Ratones hembra *Mus musculus* BALB/c de 3 meses de edad.
- Hembras con un peso que oscila entre 20 y 35 gramos.

### **Criterios de exclusión:**

- Ratones no diabéticos
- Ratones machos
- Ratones hembras enfermas.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizó tablas rápidas para tabular los niveles de glicemia mg/dL según tiempo en min de los 6 grupos: grupo control negativo, grupo control positivo, grupo metformina, grupo con dosis de 100,200 y 400 mg/kg de PC. (Anexo 02)

### **3.5. Procedimientos.**

- **Procedimiento para la obtención de las semillas de moringa**

La planta de *Moringa oleífera* fue colectada e identificada taxonómicamente en el HERBARIUM TRUXILLENSE (HUT) FLORA PERUANA de la Universidad Nacional de Trujillo con el código 6422 (Anexo 3). Las semillas de la *Moringa oleífera* “moringa” fueron colectadas en el distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo, departamento La Libertad; altitud 23 m.s.n.m, de la provincia de Trujillo.

- **Procedimiento para la elaboración del extracto hidroalcohólico de las semillas de *Moringa oleífera***

Se separaron manualmente las semillas secas de las cubiertas, desechando esta última. Se tomaron 500 gramos de semillas blancas limpias y se las colocó en una estufa a una temperatura de 45 grados Celsius para secarlas completamente durante un período de 2 días. Después, se molió hasta obtener un polvo homogéneo mediante un molinillo eléctrico RAF y se guardó en un frasco ámbar a temperatura ambiente. Se preparó el extracto hidroalcohólico de las semillas de *Moringa oleífera* mezclando 100 gramos del polvo de semillas molidas en 1 L de etanol al 70% y se permitió que la maceración tuviera lugar a temperatura ambiente durante un período de 48 horas. Luego se filtró con papel filtro y al vacío, este filtrado se llevó a la estufa a 45°C hasta sequedad total (48 horas aproximadamente). El extracto seco y cristalizado fue almacenado en un frasco ámbar y conservado a -20 °C hasta su uso<sup>26</sup>.

- **Animales de experimentación**

Se emplearon ratones hembra de la especie *Mus musculus* de la cepa BALB/c, adquiridos en el Instituto Nacional de Salud, cuyo peso promedio fue de 25 g. Los animales fueron aclimatados durante siete días, distribuidos en seis grupos de cuatro individuos cada uno, mantenidas a una temperatura de 22 ± 2°C y con iluminación natural. Se les proporcionó una dieta equilibrada compuesta por una mezcla de maíz y torta de soya, junto con acceso ilimitado a agua.

- **Inducción a la diabetes experimental**

La diabetes experimental fue inducida administrando una dosis intraperitoneal de 150 mg/kg de aloxano en una solución acuosa después de un ayuno de 8 horas<sup>27</sup>.

Después de 72 horas, se evaluó la concentración de glucosa tras

un ayuno adicional de 12 horas, y se separaron los especímenes con niveles de glucosa superiores a 200 mg/dL.

- **Formación de tratamientos**

El estudio de investigación propuesto se llevó a cabo con 24 ratones hembra de la especie *Mus musculus* BALB/c. Se dividieron en seis grupos de cuatro individuos cada uno, de la siguiente manera:

**GRUPO CONTROL POSITIVO (GCPOSI):** con diabetes inducida y sin tratamiento, al cual se le sometió a una prueba de tolerancia a la glucosa oral.

**GRUPO CONTROL NEGATIVO (GCNEGA):** sin diabetes inducida y sin tratamiento, al cual se le sometió a una prueba de tolerancia a la glucosa oral.

**GRUPO ESTANDAR FARMACOLÓGICO (GEFMET):** con diabetes inducida y tratadas con una dosis de 250 mg de metformina/Kg de peso corporal (PC), al cual se le sometió a una prueba de tolerancia a la glucosa oral<sup>28</sup>.

**GRUPO EXPERIMENTAL 100 (GEM100):** con diabetes inducida y tratadas con 100 mg de extracto/Kg PC, al cual se le sometió a una prueba de tolerancia a la glucosa oral.

**GRUPO EXPERIMENTAL 200 (GEM200):** con diabetes inducida y tratadas con 200 mg de extracto/Kg PC, al cual se le sometió a una prueba de tolerancia a la glucosa oral.

**GRUPO EXPERIMENTAL 400 (GEM400):** con diabetes inducida y tratadas con 400 mg de extracto/Kg PC, al cual se le sometió a una prueba de tolerancia a la glucosa oral.

- **Prueba de tolerancia oral a la glucosa**

A cada individuo de cada grupo se le sometió a un ayuno de 12 horas para luego proceder con la prueba de tolerancia oral a la glucosa. Primero, se midió la glicemia basal o tiempo cero, luego se le suministroo una dosis de 3 g de glucosa/ Kg de PC mediante

sonda orogástrica. Posteriormente se midió la glicemia a los 30, 60, 90 y 120 minutos después de dosificarle la glucosa<sup>29</sup>. Además, el tratamiento respectivo de los grupos GEFMET, GEM100, GEM200 y GEM400 les fue administrado después de medir la glucosa basal y 15 minutos antes de dosificarle el bolo de glucosa. La muestra de sangre fue tomada de la punta de la cola realizando una pequeña incisión en esta y se midió en un glucómetro del modelo Accu-Chek Instant S.

### **3.6. Método de análisis de datos.**

Los datos obtenidos de la glicemia fueron sometidos a la prueba de análisis de varianza (ANOVA) y a la prueba Tukey. La recopilación y análisis de datos se llevaron a cabo utilizando el software Microsoft Excel y el software libre One-way ANOVA (Analysis of Variance) with post- hoc Tukey HSD (Honestly Significant Difference) Test Calculator for comparing multiple treatments<sup>30-31</sup>.

### **3.7. Aspectos éticos.**

La investigación en curso seguirá todas las normativas establecidas en el Código de Ética de la Universidad César Vallejo, tomando en consideración los artículos 5,6, 7, 8, 15 que señala que la investigación debe realizarse bajo buenas prácticas científicas, de integridad, confidencialidad, y auditoría responsable, no difusión de datos falsos y almacenamiento responsable de los mismos<sup>32</sup>.

#### IV. RESULTADOS

En la tabla 1, se observa la medición de la glicemia basal al minuto cero como punto de partida. Revela niveles significativamente elevados de glucosa en los grupos inducidos a diabetes (GCPOSI, GEFMET, GEM100, GEM200, GEM400) en comparación con el grupo control negativo. Aún no se han administrado ni la metformina ni el extracto de Moringa, pero los datos preliminares señalan variabilidad en la glicemia basal entre los grupos diabéticos inducidos, evidenciado en el ANOVA ( $p < 0.05$ ) y la prueba de Tukey.

Estos hallazgos iniciales establecen los cimientos para llevar a cabo la prueba de tolerancia oral a la glucosa, que posibilitará la evaluación del potencial efecto hipoglucemiante del extracto de Moringa oleífera.

**Tabla 1: Glicemia basal en minuto cero (0). El análisis de prueba ANOVA y prueba Tukey, ambas con un 95% de confianza**

<i>Tratamientos</i>	<i>Promedio de valores de glicemia (mg/dL)</i>	<i>P de la Prueba ANOVA</i>	<i>Grupos homogéneos, prueba de TUKEY</i>
<b>GCNEGA</b>	97,00		<b>a</b>
<b>GCPOSI</b>	380,00		<b>b</b>
<b>CEFMET</b>	297,00	<b>0,00 *</b>	<b>bc</b>
<b>GEM100</b>	245,00		<b>c</b>
<b>GEM200</b>	293,75		<b>c</b>
<b>GEM400</b>	264,75		<b>c</b>

\* < 0.05

En la tabla 02, el tratamiento respectivo de los grupos GEFMET, GEM100, GEM200 y GEM400 les fue administrado y luego se procedió a suministrar la glucosa a todos los grupos de ratones. Los resultados obtenidos a los treinta minutos post-administración de glucosa revelan un aumento considerable en los promedios de glicemia en comparación con la medición basal, indicando la respuesta al suministro de glucosa inicial.

Adicionalmente, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de glucosa de los grupos, confirmadas mediante el análisis de varianza ANOVA ( $p < 0.05$ ) y la prueba de Tukey.

**Tabla 2: Glicemia en el minuto treinta (30). Se aprecia el análisis de prueba ANOVA y prueba Tukey, ambas con un 95% de confianza**

<i>Tratamientos</i>	<i>Promedio de valores de glicemia (mg/dL)</i>	<i>P de la prueba ANOVA</i>	<i>Grupos homogéneos, prueba de TUKEY</i>
<b>GCNEGA</b>	186,00		<b>a</b>
<b>CEFMET</b>	445,00		<b>b</b>
<b>GCPOSI</b>	554,00	<b>0,00 *</b>	<b>c</b>
<b>GEM100</b>	567,50		<b>c</b>
<b>GEM200</b>	534,75		<b>cd</b>
<b>GEM400</b>	498,75		<b>d</b>

\* $p < 0.05$

La tabla 03 demuestra que al minuto 60, tras la administración del extracto hidroalcohólico a la dosis de 100 mg/kg, 200 mg/kg y 400 mg/kg y metformina a los ratones, las concentraciones de glucosa comienzan a reducirse en comparación con el grupo de control positivo, pero cada tratamiento demuestra un comportamiento diferente con respecto a los valores de glucosa, evidenciado por el ANOVA ( $p < 0.05$ ) y la prueba de Tukey.

**Tabla 3: Glicemia en el minuto sesenta (60). Se aprecia el análisis de prueba ANOVA y prueba Tukey, ambas con un 95% de confianza**

<i>Tratamientos</i>	<i>Promedio de valores de glicemia (mg/dL)</i>	<i>P de la prueba ANOVA</i>	<i>Grupos homogéneos, prueba de TUKEY</i>
<b>GCNEGA</b>	169,00		<b>a</b>
<b>GCPOSI</b>	558,00		<b>b</b>
<b>CEFMET</b>	309,00	<b>0,00 *</b>	<b>c</b>
<b>GEM100</b>	506,50		<b>d</b>
<b>GEM200</b>	458,50		<b>e</b>
<b>GEM400</b>	415,50		<b>f</b>

\* $p < 0.05$

En la tabla 04, se observa que al minuto 90, los valores de glicemia de los grupos tratados con el extracto hidroalcohólico con dosis de 100, 200 y 400 mg/kg no tienen diferencia significativa. Al comparar el grupo control positivo y el grupo experimental con dosis de 400 mg/kg sí muestra una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), al igual que el grupo metformina, corroboradas por el ANOVA ( $p < 0.05$ ) y la prueba de Tukey.

**Tabla 4: Glicemia en el minuto noventa (90). Se aprecia el análisis de prueba ANOVA y prueba Tukey, ambas con un 95% de confianza**

<i>Tratamientos</i>	<i>Promedio de valores de glicemia (mg/dL)</i>	<i>P de la prueba ANOVA</i>	<i>Grupos homogéneos, prueba de TUKEY</i>
<b>GCNEGA</b>	125,00		<b>a</b>
<b>GCPOSI</b>	520,00		<b>b</b>
<b>CEFMET</b>	225,00	<b>0,00 *</b>	<b>c</b>
<b>GEM100</b>	380,50		<b>d</b>
<b>GEM200</b>	351,00		<b>d</b>
<b>GEM400</b>	355,25		<b>d</b>

**\* $p < 0.05$**

La tabla 05, revela que al minuto 120, todos los grupos actuaron igual que al minuto 90. Los valores de glicemia de los grupos tratados con el extracto hidroalcohólico con dosis de 100, 200 y 400 siguen sin mostrar diferencia significativa. Al comparar el grupo positivo con los grupos tratados con la semilla de moringa a las dosis de 100, 200 y 400 mg/kg muestran que si hay diferencia ( $p < 0.05$ ), al igual que el grupo metformina, corroboradas por el ANOVA ( $p < 0.05$ ) y la prueba de Tukey.

**Tabla 5: glicemia en el minuto ciento veinte (120). Se aprecia el análisis de prueba ANOVA y prueba Tukey, ambas con un 95% de confianza**

<i>Tratamientos</i>	<i>Promedio de valores de glicemia (mg/dL)</i>	<i>P de la prueba ANOVA</i>	<i>Grupos homogéneos, prueba de TUKEY</i>
<b>GCNEGA</b>	117,00		<b>a</b>
<b>GCPOSI</b>	481,00		<b>b</b>
<b>CEFMET</b>	176,00	<b>0,00 *</b>	<b>c</b>
<b>GEM100</b>	326,75		<b>d</b>
<b>GEM200</b>	314,75		<b>d</b>
<b>GEM400</b>	299,50		<b>d</b>

**\* $p < 0.05$**

La figura 01 muestra el promedio de los niveles de glicemia expresada en mg/dl obtenidos por grupo en función del tiempo para los distintos tratamientos. Se nota un incremento en los niveles de glucosa después de la administración de glucosa en todos los grupos. Todos los grupos con tratamientos muestran una disminución de glucosa a partir de los 60 minutos y en los minutos posteriores comparado con el grupo control positivo.

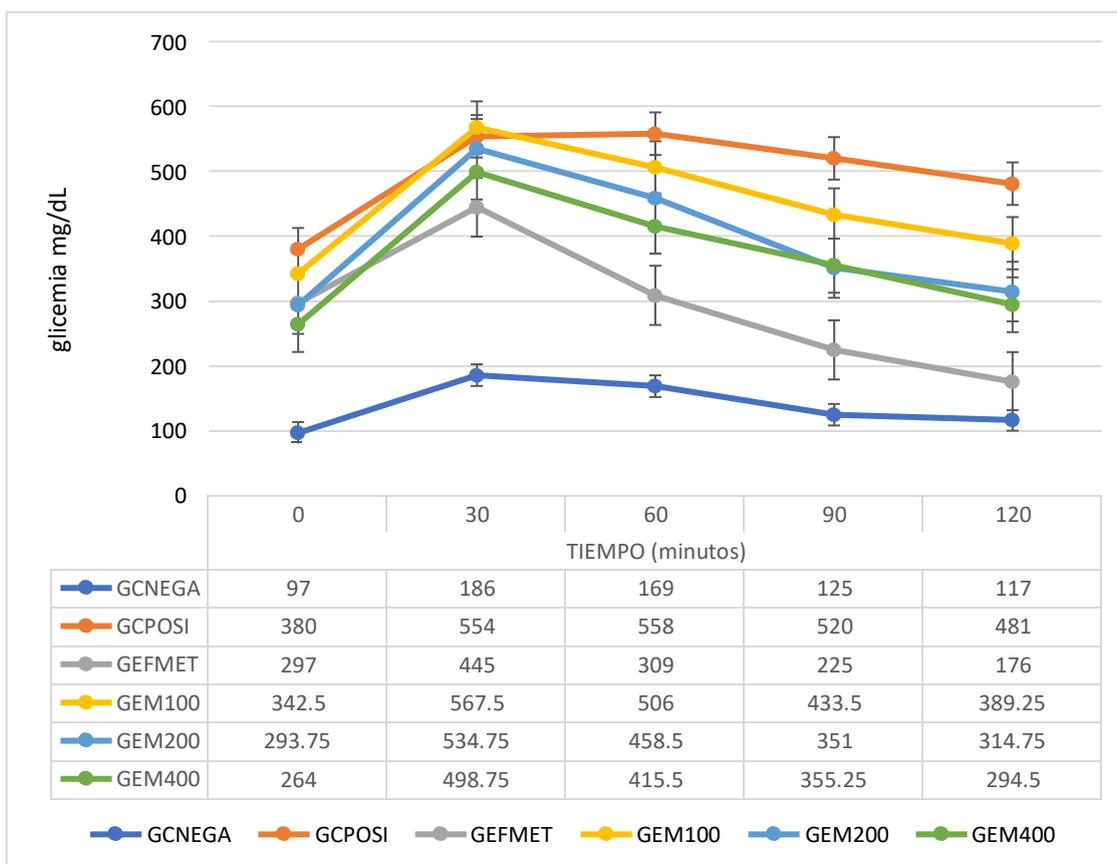


Figura 1. Prueba de tolerancia oral a la glucosa medida en sangre de los animales de experimentación expresada en mg/dL de sangre periférica.

## V. DISCUSIÓN

En la tabla 01 se observa que al minuto 0, el grupo control negativo actúa diferente a los grupos diabéticos ( $p < 0.05$ ) porque el grupo control negativo no fue inducido a diabetes con aloxano, teniendo valores de glicemia normales. También muestra que los grupos diabéticos tienen variabilidad de los valores de glicemia inicial entre ellos. De la misma manera Lopez D<sup>19</sup> en su estudio sobre el efecto del consumo de *Moringa oleífera* en ratas diabéticas, la diabetes experimental fue inducida mediante la administración de aloxano en una dosis de 150 mg por kilogramo de peso corporal y luego se esperó 72 horas para confirmar la hiperglicemia debido a la diabetes inducida, utilizando un rango de  $>200$  mg/dl de glucosa para diabéticos e incluirlos en el estudio. Kusumawati E<sup>14</sup>, en su estudio con el extracto de aceite de semilla en ratas diabéticas inducidas con aloxano, explica que el monohidrato de aloxano es una sustancia que, al llegar al tejido pancreático, tiene un impacto específico en las células  $\beta$ - pancreáticas, las cuales son responsables de producir insulina. Su mecanismo de acción desencadena estrés oxidativo en este tejido, causando daños irreversibles en estas células. Como consecuencia se desencadena la hiperglicemia.

En la tabla 02 se observa que al minuto 30, hay un aumento de los valores de glicemia entre todos los grupos de ratones debido a la post-administración de glucosa. La prueba de Tolerancia Oral a la Glucosa (OGTT) evalúa cómo se maneja la glucosa en el cuerpo, midiendo su absorción en el intestino, su utilización por los tejidos y su eliminación a través de la orina en caso de exceso. Es una prueba muy completa, ya que considera todos los aspectos del metabolismo de los carbohidratos: desde la ingesta hasta la absorción intestinal, el transporte, y la conversión de la glucosa en glucógeno, grasas, proteínas y energía<sup>33</sup>.

La tabla 03 demuestra que todos los grupos tuvieron diferencias altamente significativas entre ellos. Se demostró que al minuto 60, tras la administración del extracto hidroalcohólico a la dosis de 100 mg/kg, 200 mg/kg y 400 mg/kg a los ratones, existe una disminución de los niveles de glicemia significativamente ( $p < 0,05$ ) comparado con el grupo control positivo y a la vez se observa que existe diferencias significativas entre los grupos tratados con las diferentes dosis, revelando que la dosis de 400 mg/kg tiene mayor efecto hipoglicemiante en el minuto 60. La disminución de la glicemia en el grupo metformina es mayor que los grupos tratados con extracto hidroalcohólico de semilla. Estos resultados coinciden con el estudio de Ajibola M <sup>34</sup>, quien reveló resultados significativos al tratar la hiperglicemia leve y severa con 400 mg/kg de extracto de semilla de *Moringa oleífera*. Se observó una notable reducción del nivel de glucosa en sangre después de tres horas (hiperglicemia leve) de suministrar el aloxano y a los catorce días de tratamiento (hiperglicemia severa), tanto de forma oral como intraperitoneal. La vía de administración intraperitoneal demostró ser más efectiva que la oral, posiblemente debido a una mayor absorción.

En la figura 01 como en la tabla 04 y en la tabla 05 se observan que al minuto 90 como al minuto 120, los valores de glicemia de los grupos tratados con el extracto hidroalcohólico con dosis de 100, 200 y 400 mg/kg no tienen diferencia significativa. Al comparar el grupo control positivo y el grupo experimental con dosis de 400 mg/kg se muestra una diferencia significativa ( $< 0,05$ ) evidenciando una disminución de la glicemia, al igual que el grupo metformina. Este estudio se relaciona con Wen Y<sup>35</sup> donde su investigación realizada en ratas Sprague-Dawley se investiga el impacto del extracto de semilla de moringa en los niveles de insulina y de glicemia en ratas con nefropatía diabética inducidas con estreptozotocina. Para su investigación, se formaron 6 grupos experimentales el grupo control NC, el grupo con nefropatía diabética DN, los grupos experimentales con DN y administrados con dosis de extracto de moringa de 50, 100 y 200 mg/kg/día y el grupo con DN administrado metformina con dosis de 200 mg/kg/día. En la semana 4 los niveles de glicemia se redujeron significativamente para el grupo

metformina y los grupos de 50 y 100 mg/kg/día, mientras que el grupo con dosis de 200 mg/kg/día de extracto de moringa no se vio alterado, por otro lado, los niveles de insulina aumentaron significativamente para el grupo metformina y los grupos de 50,100 y 200 mg/kg/día de extracto de moringa, siendo también la metformina con más efecto hipoglicemiante.

Estos resultados también se relacionan con los hechos por Nadro M<sup>11</sup>, quien en su estudio demostró que el tratamiento prolongado (4 semanas) con extracto acuoso y aceite de semilla de *Moringa oleífera* generaron una reducción significativa ( $p < 0,05$ ) en los niveles de glucosa en sangre en todos los grupos sometidos a tratamiento en comparación con el grupo de control diabético. La dosis de 100 mg de extracto acuoso de semilla/kg de PC consiguió valores de glucosa  $119.03 \pm 2.21$  y la dosis de 200 mg de extracto acuoso de semilla/kg de PC consiguió valores de glucosa  $118.21 \pm 1.44$  mg/dL comparado con el grupo positivo que tuvo  $398.50 \pm 6.48$  mg/dL. A diferencia de nuestro trabajo, en el nuestro se probó una sola ingesta de extracto hidroalcohólico en cada grupo con tratamiento y se realizó la prueba de tolerancia oral a la glucosa. La dosis de 100 y 200 mg/kg mostraron similar efecto hipoglicemiante, pero fue mayor que en nuestro estudio. Este estudio sugiere que, si se aumentara el consumo por más tiempo, el efecto hipoglicemiante es mayor.

Aljazzaf B<sup>7</sup>, evaluó el extracto semilla, el extracto de hoja y el extracto a base de la combinación de ambas (2H,1S) en ratones diabéticos inducidos durante un período de 3 meses. Tras tres meses de administración diaria de los extractos, se observó una reducción notable en los niveles de glucosa en sangre:  $107 \pm 12.0$  mg/dL en el grupo tratado con extracto de hojas,  $113.6 \pm 20.55$  mg/dL en el grupo que recibió el extracto de semilla y  $95.7 \pm 8.6$  mg/dL en el grupo tratado con el extracto combinado. Al análisis fitoquímico que realizo, el extracto de hoja de *Moringa oleífera* muestra la presencia de varios compuestos antioxidantes, incluyendo polifenoles, flavonoides, taninos, alcaloides, saponinas, cumarinas y terpenoides. En contraste, el extracto de semilla carece de taninos y terpenoides, presentando una menor

concentración en el resto de antioxidantes. Este hallazgo sugiere que las hojas poseen una composición más rica en antioxidantes.

No obstante, la semilla de moringa continúa exhibiendo propiedades hipoglucemiantes en ratones con diabetes inducida, atribuibles a los antioxidantes que contiene. El estudio realizado por Chimedza <sup>8</sup> sobre el efecto hipoglucemiante del extracto de semilla de moringa destaca que esto se debe principalmente a su isotiocianato bioactivo primario (MIC-1), que modula vías de señalización inflamatoria y antioxidante. Al-Malki <sup>9</sup>, en su estudio con polvo de semilla de moringa, administrado en dosis bajas, esto provocó un aumento notable en la actividad de enzimas antioxidantes, como la catalasa, superóxido dismutasa (SOD) y glutatión, tanto en el suero como en el tejido renal de ratas con diabetes inducida por estreptozotocina (STZ). También Krawczyk M <sup>36</sup>, corrobora los antioxidantes que posee la semilla de moringa como flavonoides, quercetina y kaemferol, cuales inhiben al transportador de sodio y glucosa tipo 1, reduciendo la absorción de glucosa a nivel intestinal, además se propone la quercetina, actuaría inhibiendo la GLUT2, además estimula la a la GLUT4 del musculo esquelético aumentando el ingreso de glucosa e inhibe a la fosfoenolpiruvato carboxiquinasa y a la glucosa – 6 – fosfatasa.

Las semillas de *Moringa oleífera* representan una opción valiosa para fortificar una amplia gama de productos, mejorando su calidad nutricional. Al incorporar las semillas en diferentes preparaciones incrementa su contenido de proteínas, aminoácidos esenciales, minerales y fibra, lo que eleva su perfil nutricional y potencia sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Esto podría permitir que la industria alimentaria ofrezca productos tradicionales fortificados con fuentes sostenibles como la Moringa, fomentando su consumo. Sin embargo, aún existe un vacío de conocimiento en cuanto a los usos potenciales de la Moringa en la fortificación de alimentos. Bolarinwa I<sup>37</sup> encabezó un estudio integral que exploró los efectos de la fortificación del pan mediante la incorporación de polvo de semilla de moringa en proporciones variables, desde un 0% hasta un 20%. En los resultados se observó un aumento notable en el contenido de proteínas, cenizas, grasas y

fibra en las muestras de pan, mientras que se registró una disminución en los niveles de carbohidratos y de humedad a medida que se incrementaba la proporción de polvo de moringa en las mezclas de harina.

## VI. CONCLUSIONES

- La evaluación de diferentes dosis de extracto de semilla de Moringa oleífera reveló que la dosis de 400 mg/kg mostró el mayor efecto hipoglicemiante en los ratones con diabetes inducida por aloxano en la prueba de tolerancia oral a la glucosa, pero estadísticamente la dosis de 400 tuvo el mismo efecto hipoglicemiante que la dosis de 100 y 200 mg/dL
- La comparación entre el extracto de semilla de Moringa oleífera y la metformina mostró que, en las dosis evaluadas (100, 200 y 400 mg/kg), la metformina tuvo un efecto hipoglicemiante superior en los ratones con diabetes inducida por aloxano. Aunque el extracto de Moringa ha demostrado ser efectivo, la metformina exhibió una mayor eficacia para disminuir los niveles de glucosa en sangre en este entorno experimental.
- Se concluye que los grupos tratados con semilla muestran un efecto hipoglicemiante en *Mus musculus* BALB/c inducidos a diabetes.

## VII. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda ampliar los estudios con la semilla de *Moringa oleífera*, utilizando diversas dosis para determinar posibles efectos adversos en dosis elevadas.
- Es conveniente evaluar los diversos modos de administración de la semilla *Moringa oleífera*, como extractos, comprimidos y té, para comprender mejor su efecto hipoglicemiante en cada presentación.
- Sería útil realizar comparaciones directas entre la semilla de *Moringa oleífera* y medicamentos hipoglicemiantes existentes para establecer y comparar su efectividad en la regulación de los niveles de glucosa.
- Sería ideal continuar la investigación en las propiedades nutricionales de la semilla moringa con el fin de integrarla en alimentos y ampliar el conocimiento del consumidor sobre este producto.

## REFERENCIAS

1. Organización Panamericana de la Salud. Diabetes. [Internet]. Paho.org. 2022 [citado el 22 de mayo de 2023] Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/diabetes>
2. Organización Panamericana de la Salud. El número de personas con diabetes en las Américas se ha triplicado en tres décadas, según un informe de la OPS [Internet]. Paho.org. 2022 [citado el 2 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/11-11-2022-numero-personas-con-diabetes-americas-se-ha-triplicado-tres-decadas-segun>
3. Sala situacional de diabetes [Internet]. Gob.pe. [citado el 01 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://app7.dge.gob.pe/maps/sala\\_diabetes/](https://app7.dge.gob.pe/maps/sala_diabetes/)
4. Dge.gob.pe [Internet]. Situación de la Diabetes según datos del Sistema de Vigilancia. Perú 2021. [citado el 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/tools/teleconferencia/2021/SE202021/03.pdf>
5. Hernández Rodríguez J, Iglesias Marichal I. Efectos benéficos de la Moringa oleífera en la salud de las personas. Rev Cuba Med Gen Integral [Internet]. 2022 [citado el 3 de julio de 2023];38(1). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21252022000100017#:~:text=Ejerce%20un%20efecto%20ben%C3%A9fico%20en,los%20l%C3%ADpidos%20y%20las%20prote%C3%ADnas.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252022000100017#:~:text=Ejerce%20un%20efecto%20ben%C3%A9fico%20en,los%20l%C3%ADpidos%20y%20las%20prote%C3%ADnas.)
6. Mthiyane FT, Dludla PV, Ziqubu K, Mthembu SXH, Muvhulawa N, Hlengwa N, et al. A review on the antidiabetic properties of Moringa oleifera extracts: Focusing on oxidative stress and inflammation as main therapeutic targets. Front Pharmacol [Internet]. 2022 [citado el 13 de julio de 2023]; 13:940572. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fphar.2022.940572>

7. Aljazzaf B, Regeai S, Elghmasi S, Alghazir N, Balgasim A, Hdud Ismail IM, et al. Evaluation of antidiabetic effect of combined leaf and seed extracts of *Moringa oleifera* (Moringaceae) on alloxan-induced diabetes in mice: A biochemical and histological study. *Oxid Med Cell Longev* [Internet]. 2023 [citado el 10 de noviembre de 2023];2023:1–21. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/omcl/2023/9136217/>
8. Jaja-Chimedza A, Zhang L, Wolff K, Graf BL, Kuhn P, Moskal K, et al. A dietary isothiocyanate-enriched moringa (*Moringa oleifera*) seed extract improves glucose tolerance in a high-fat-diet mouse model and modulates the gut microbiome. *J Funct Foods* [Internet]. 2018 [citado el 17 de noviembre de 2023];47:376–85. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.056>
9. Al-Malki AL, El Rabey HA. The antidiabetic effect of low doses of *Moringa oleifera* lam. Seeds on streptozotocin induced diabetes and diabetic nephropathy in male rats. *Biomed Res Int* [Internet]. 2015 [citado el 17 de noviembre de 2023];2015:1–13. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/381040>
10. Odedele L, Ajao F, Yusuf J, et al. Effect of aqueous moringa seed extract on oxidative stress in Alloxan- induced gestational diabetic rats [Internet]. *Medical Research Archives* [citado el 10 de julio de 2023]. Disponible en: <https://esmed.org/MRA/mra/article/view/1554/1275>
11. Nadro M, Audu A, et al. Efectos antidiabéticos del extracto acuoso y el aceite de semilla de *Moringa oleifera* sobre las funciones hepática y renal en la diabetes inducida por estreptozotocina en ratas. *Revista americana de bioquímica* [Internet]. 2018 [citado el 13 de julio de 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/344871960\\_Anti-diabetic\\_Effects\\_of\\_Aqueous\\_Extract\\_and\\_Oil\\_of\\_Moringa\\_oleifera\\_Seed\\_on\\_Liver\\_and\\_Kidney\\_Functions\\_in\\_Streptozotocin-induced\\_Diabetes\\_in\\_Rats](https://www.researchgate.net/publication/344871960_Anti-diabetic_Effects_of_Aqueous_Extract_and_Oil_of_Moringa_oleifera_Seed_on_Liver_and_Kidney_Functions_in_Streptozotocin-induced_Diabetes_in_Rats)
12. Al-Bayuomi A, Nageh M. Effects of *Moringa oleifera* seeds aqueous extract on type-II diabetic nephropathy in adult male albino rat. *Med J Cairo Univ* [Internet]. 2021 [citado el 17 de noviembre de 2023];89(6):1129–39. Disponible

en: [https://mjcu.journals.ekb.eg/article\\_185000.html](https://mjcu.journals.ekb.eg/article_185000.html)

13. Waterman C, Graham JL, Arnold CD, Stanhope KL, Tong JH, Jaja-Chimedza A, et al. Moringa isothiocyanate-rich seed extract delays the onset of diabetes in UC Davis type-2 diabetes mellitus rats. *Sci Rep* [Internet]. 2020 [citado el 26 de noviembre de 2023];10(1):1–7. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-65722-6>
14. Estri Kusumawati<sup>1</sup>, Sri Hidayati L.<sup>1</sup>, Nova Lusiana<sup>1</sup>, Risa Purnamasari<sup>1</sup>, Moch. Irfan Hadi<sup>1</sup>. Análisis del extracto de aceite de semilla de *Moringa oleifera* sobre el nivel de insulina en ratas diabéticas inducidas por aloxano (*Rattus norvegicus*). *Revista India de Medicina Forense & Toxicología* [Internet]. 30 de julio de 2020 [consultado el 26 de noviembre de 2023];14(3):1888-93. Disponible en: <https://medicopublication.com/index.php/ijfmt/article/view/10695>
15. Vargas O, Segura-Muñoz DM, Becerra-Gutiérrez LK, Amado-Tineo JP, Silva-Díaz H. Efecto hipoglicemiante de *Moringa oleifera* (moringa) comparado con *Smallanthus Sonchifolius* (yacón) en *Rattus norvegicus* con diabetes mellitus inducida. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [Internet]. 2020 [citado el 26 de abril de 2023];37(3):478–84. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/rpmpesp/2020.v37n3/478-484>
16. Vargas-Sánchez K, Garay-Jaramillo E, González-Reyes RE. Effects of *Moringa oleifera* on Glycaemia and Insulin Levels: A Review of Animal and Human Studies. *Nutrients*. 2019;11(12):2907. Published 2019 Dec 2. doi:10.3390/nu11122907
17. Mohamed MA, Ahmed MA, El Sayed RA. Molecular effects of *Moringa* leaf extract on insulin resistance and reproductive function in hyperinsulinemic male rats. *J Diabetes Metab Disord*. 2019;18(2):487-494. Published 2019 Nov 15. doi:10.1007/s40200-019-00454-7
18. Sierra-Campos E, Valdez-Solana M, Avitia-Domínguez C, et al. Effects of *Moringa oleifera* Leaf Extract on Diabetes-Induced Alterations in Paraoxonase 1 and Catalase in Rats Analyzed through Progress Kinetic and Blind Docking. *Antioxidants* (Basel). 2020;9(9):840. Published 2020 Sep 8.

doi:10.3390/antiox9090840

19. Lopez DA, et al. Effect of Moringa oleifera consumption on diabetic rats (Internet). Mexico: *NIH*; 10 de abril 2018 (citado el 26 de abril de 2023) Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5894151/>
20. Gui-Lin C., Yong-Bing X. et al. Efectos hipoglucémicos e hipolipidémicos de las hojas de moringa oleífera y sus constituyentes químicos funcionales (Internet). China: Elsevier; 2020 (citado el 26 de abril de 2023). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32663752/>
21. Román K. y Huamán M. Efecto hipoglicemiante del extracto acuoso de las hojas de moringa oleífera lam (moringa) en ratas holtzman (internet). Lima-Perú: 2018 (citado el 26 de abril de 2023). Disponible en: [http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/3953/003919\\_Tesis%20DE%20ROMAN%20KAREN%20HUAMAN%20MARIA.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/3953/003919_Tesis%20DE%20ROMAN%20KAREN%20HUAMAN%20MARIA.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
22. Leone A, Spada A, Battezzati A, Schiraldi A, Aristil J, Bertoli S. Moringa oleifera seeds and oil: Characteristics and uses for human health. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2016 [citado el 26 de noviembre de 2023];17(12):2141. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms17122141>
23. Juan R. Centurión, Antonia K Galeano, María L. Kennedy, Miguel A. Campuzano-Bublitz. Modelos murinos utilizados en la investigación de la Diabetes mellitus [Internet]. Universidad Nacional de Asunción; 2022. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rcfb/v10n2/2310-0265-rcfb-10-02-53.pdf>
24. Eyth E, Basit H, Swift CJ. Glucose Tolerance Test. StatPearls Publishing. [Internet]. 2023. [citado el 01 de diciembre de 2023];30(1):36–43. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-curso-basico-sobre-diabetes-tema-X0213932416474630>
25. Díez Gutiérrez B. Curso básico sobre diabetes. Tema 1. Clasificación, diagnóstico y complicaciones. *Farm Prof* [Internet]. 2016 [citado el 6 de diciembre de 2023];30(1):36–43. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es->

26. Calderón A, Pretel PT&. EFECTO DEL EXTRACTO HIDROALCOHOLICO DE TERMINALIA CATAPPA L. (COMBRETACEAE) SOBRE RADICALES LIBRES INDUCIDOS EN CEREBRO DE RATA [Internet]. Perú: The Biologist; 2013. Disponible en: [file:///EFECTO%20DEL%20EXTRACTO%20HIDROALCOHOLICO%20DE%20TERMINALIA%20CATAPPA%20\(1\).pdf](file:///EFECTO%20DEL%20EXTRACTO%20HIDROALCOHOLICO%20DE%20TERMINALIA%20CATAPPA%20(1).pdf)
27. Sharma M, Fernandes J, Ahirwar D, Jain R (2008). Hypoglycemic and hypolipidemic activity of alcoholic extract of Citrus aurantium in normal and alloxan-induced diabetic rats. *Pharmacologyonline*, 3, 161-171. [https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2008/vol3/020\\_Sharma.pdf](https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2008/vol3/020_Sharma.pdf)
28. Kennard, M. R., Nandi, M., Chapple, S., & King, A. J. (2022). The glucose tolerance test in mice: Sex, drugs and protocol. *Diabetes, obesity & metabolism*, 24(11), 2241–2252. <https://doi.org/10.1111/dom.14811>
29. Nagy C, Einwallner E. Study of In Vivo Glucose Metabolism in High-fat Diet-fed Mice Using Oral Glucose Tolerance Test (OGTT) and Insulin Tolerance Test (ITT). *J Vis Exp*. 2018;(131):56672. Published 2018 Jan 7. doi:10.3791/56672
30. Vasavada, N. (2016). One-way ANOVA (ANalysis of VAriance) with post-hoc Tukey HSD (Honestly Significant Difference) Test Calculator for comparing multiple treatments. [https://astatsa.com/OneWay\\_Anova\\_with\\_TukeyHSD/](https://astatsa.com/OneWay_Anova_with_TukeyHSD/).
31. Aspajo-Villalaz, C.; Pajuelo-Mendoza, S.; Morales-Aniceto, J.; Calderón-Peña, A. 2020. Efecto antioxidante del extracto hidroalcohólico de *Annona muricata* L. frente a estrés oxidativo inducido por acrilamida en hígado de ratón. *REBIOL* 40(2): 133-140. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.01>.
32. Universidad César Vallejo. Código de ética en investigación. Perú: UCV; 2020.
33. Tunque Inga NM. Actividad hipoglucemiante del extracto hidroalcohólico de *Jatropha macrantha* M. Arg. “huanarpo macho” en ratas albinas Holtzman. Ayacucho - 2009 [Internet]. [AYACUCHO - PERÚ]: UNIVERSIDAD NACIONAL

DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA; 2011. Disponible en:  
file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/TESIS%20FAR247\_Tun.pdf

34. Ajibola M, Eunice O, Stephanie IN. Effects of aqueous extract of *Moringa oleifera* seeds on alloxan induced hyperglycemia. *Basic Sci Med* [Internet]. 2014 [citado el 11 de noviembre de 2023];3(3):37–42. Disponible en: <http://article.sapub.org/10.5923.j.medicine.20140303.01.html>
35. Wen Y, Liu Y, Huang Q, Liu R, Liu J, Zhang F, et al. *Moringa oleifera* Lam. seed extract protects kidney function in rats with diabetic nephropathy by increasing GSK-3 $\beta$  activity and activating the Nrf2/HO-1 pathway. *Phytomedicine* [Internet]. 2022;95(153856):153856. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944711321003974>
36. Krawczyk M, Burzynska-Pedziwiatr I, Wozniak LA, Bukowiecka-Matusiak M. Evidence from a Systematic Review and Meta-Analysis Pointing to the Antidiabetic Effect of Polyphenol-Rich Plant Extracts from *Gymnema montanum*, *Momordica charantia* and *Moringa oleifera*. *Current Issues in Molecular Biology*. 2022; 44(2):699-717. <https://doi.org/10.3390/cimb44020049>
37. Bolarinwa IF, Aruna TE, Raji AO. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. *J Saudi Soc Agric Sci* [Internet]. 2019;18(2):195–200. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/>

## ANEXOS

### Anexo 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Nivel de medición
<b>Semilla de Moringa oleífera</b>	Las semillas de <i>Moringa oleífera</i> son un recurso prometedor para aplicaciones alimentarias y no alimentarias, valiosas por sus ácidos grasos monoinsaturados, altos niveles de esteroides y tocoferoles, así como por sus proteínas ricas en aminoácidos sulfatados, lo que las hace útiles tanto en alimentos como en otros usos <sup>23</sup> .	Se suministró el extracto hidroalcohólico de la semilla de moringa.	Concentración de dosis	-Grupo control negativo -Grupo control positivo -Grupo experimental de 100 mg de extracto de MO -Grupo experimental de 200 mg de extracto de MO -Grupo experimental de 400 mg de extracto de <i>Moringa oleífera</i> .	Razón
<b>Glicemia</b>	La glicemia se refiere al nivel de azúcar presente en la sangre, proveniente principalmente de los alimentos, sobre todo de los carbohidratos <sup>24</sup> .	Se realizaron mediciones de la glucosa en sangre en ayunas con el glucómetro Accu-Chek Instant S.	Nivel de glicemia	mg/dl	Razón

**Anexo 02:**  
Formato para recolección de datos

GCNEGA	Glicemia mg/dL según tiempo en min				
	0	30	60	90	120
1					
2					
3					
4					
Promedio					

GCPOSI	Glicemia mg/dL según tiempo en min				
	0	30	60	90	120
1					
2					
3					
4					
Promedio					

GEFMET	Glicemia mg/dL según tiempo en min				
	0	30	60	90	120
1					
2					
3					
4					
Promedio					

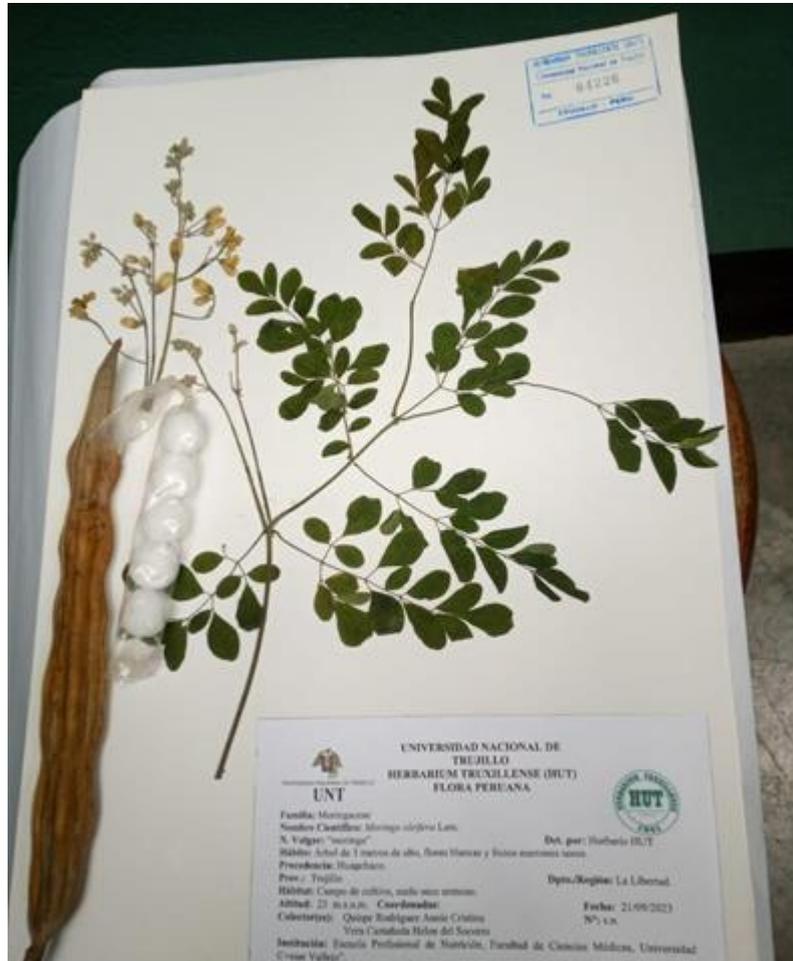
GEM100	Glicemia mg/dL según tiempo en min				
	0	30	60	90	120
1					
2					
3					
4					
Promedio					

GEM200	Glicemia mg/dL según tiempo en min				
	0	30	60	90	120
1					
2					
3					
4					
Promedio					

GEM400	Glicemia mg/dL según tiempo en min				
	0	30	60	90	120
1					
2					
3					
4					
Promedio					

### Anexo 3:

*Moringa Oleífera* identificada taxonómicamente con el código 6422.





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE NUTRICIÓN**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CARRANZA QUISPE LUIS EMILIO, docente de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD de la escuela profesional de NUTRICIÓN de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis Completa titulada: "Efecto hipoglicemiante del extracto de la semilla de Moringa oleífera "moringa" en diabetes inducida en Mus musculus BALB/c", cuyos autores son QUISPE RODRIGUEZ ANNIE CRISTINA, VERA CASTAÑEDA HELEN DEL SOCORRO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CARRANZA QUISPE LUIS EMILIO <b>DNI:</b> 44524326 <b>ORCID:</b> 0000-0002-1891-2986	Firmado electrónicamente por: LUCARRANZAQU el 20-12-2023 11:37:03

Código documento Trilce: TRI - 0686567